

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA**

**Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires**

Département des Sciences Agronomiques

## **MEMOIRE DE MAGISTER**

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des plantes et environnement

**STRATEGIE DE PONTE DU *CAPNODIS TENEBRIONIS*  
(*COLEOP.* ; *TENEBRIONIDAE*) SELON LA MODULATION  
DU PROFIL PHYTOCHIMIQUE DE SA PLANTE HOTE.**

Par

**Latifa BRAHIMI**

Devant le jury composé de :

S. SNOUSSI	Professeur, U. S.D.B	Président.
A. GUENDOUZ – BENRIMA	MCA., U. S.D.B.	Examinatrice
L. ALLAL- BENFEKIH	MCA., U. S.D.B.	Promotrice
Z.E. DJAZOULI	MAA., U.S.D.B.	Co-promoteur

Blida, Janvier 2011

## RESUME

Ayant un cycle biologique assez confus allant de 1 an à 2 ans, le développement et la ponte du bupreste noir (*Capnodis tenebrionis*) semble influencé par les conditions du milieu, ainsi que par la phytochimie de sa plante hôte (Rosacée a noyau).

L'objectif visé dans ce travail, est de mettre en évidence la différence qualitative par rapport au sucre et azote entre les deux espèces de prunus étudiées (prunier et cerisier), et voir leur influence en tant que supports alimentaires attractive pour le capnode, et leur traduction sur l'allocation des réserves énergétiques lipidiques des individus ainsi que sur l'évolution des différents stades larvaires. Voir ainsi la réaction chimique de la plante face à cette attaque.

D'autre part, voir l'influence de la nature du sol sur l'affinité de ponte de la femelle capnode.

Les résultats se sont montrés significatives par rapport à la différence de la qualité nutritive entre les deux espèces du prunus, qui se traduit directement sur l'évolution du ravageur, ainsi que sur son potentielle énergétique.

En plus de la qualité nutritive, le sol s'est montré décisif sur le taux d'attaque occasionné par le capnode sur ses plantes hôtes.

**Mots clés :** Phytochimie, rosacée à noyau, *capnodis tenebrionis*, réserves énergétiques, sol.

## ABSTRACT

### STRATEGY FOR REPRODUCTION AND SPAWNING OF CAPNODIS TENEBRIONIS (COLEOPTERA, TENEBRIONIDAE) ACCORDING TO PHOTOCHEMICAL MODULATION OF THE PROFIL OF ITS HOST PLANT OF GENUS PRUNUS (PLUMS AND CHERRIES)

Having a life cycle rather confused from 1 year to 2 years, development and spawning of black buprestid (*Capnodis tenebrionis*) seems to be influenced by environmental conditions, as well as phytochemistry of its host plant (Rosaceae has kernel).

The goal in this work is to highlight the qualitative difference compared to sugar and nitrogen between the two study species *Prunus* (plum and cherry), and see their influence as attractive to the media food capnodes and translation on the allocation of energy reserves of fat people as well as the evolution of different larval stages. See as well the chemical reaction of the plant against the attack. On the other hand, see the influence of soil type on the affinity of the spawning female capnodes.

The results have been significant relative to the difference in nutritional quality between the two species of *Prunus*, which directly translates into the evolution of the pest and its potential energy.

In addition to nutritional quality, soil, which shows decisive attack rates caused by the capnodes on its host plants.

**Key words** : Phytochemistry, rosacea core, *Capnodis tenebrionis*, energy reserves, soil.

## ملخص

### إستراتيجية التكاثر و التبويض ل : *Capnodis tenebrionis* حسب التغيرات الكيميائية لشجر الفواكه ذات النواة (البرقوق, و الكرز)

تتأثر دورة *Capnodis tenebrionis* بالظروف البيئية, فضلا عن الطبيعة الكيميائية للنبتة (روزاسيا النواة).  
حياة

الهدف من هذا العمل, هو تسليط الضوء على الفرق النوعي ما بين شجر الكرز و البرقوق, و مدى تأثيره على  
جاذبية

الغذاء للحشرة (*capnodis tenebrionis*) التي تترجم بالاحتياجات الطاقوية من الدهون, و النظر كذلك في  
الضارة

مدى رد الفعل الكيميائي للنبات ضد الهجوم.

من ناحية أخرى, نرى تأثير نوع التربة على أنثى (*capnobe*) في وضع البيض.

و كانت النتائج هامة بالنسبة إلى الفرق في نوعية التغذية بين هذين النوعين من شجر الفاكهة ذات النواة, الذي يترجم  
مباشرة على تطور الحشرة الضارة.

بالإضافة إلى نوعية التغذية, قد أظهرت النتائج, مدى تأثير الطبيعة الفيزيائية للتربة على وضع البيض.

**الكلمات الرئيسية :** الكيمياء النباتية, روزافيا النواة, *Capnodis tenebrionis*, احتياجات الطاقة, التربة.

## REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **Dieu** de m'avoir donné la force nécessaire pour réaliser ce travail.

J'exprime mes remerciements à ma promotrice Mme ALLAL-BENFEKIH L. et aux membres du jury Mr SNOUSSI et Mme GUENDOZ.

Ma gratitude à Mr. DJAZOULI Z. E. pour son encadrement, et son soutien.

Je remercie Mr BEN CHOIRA Ali, employé de la ferme pilote HMAMOU, de m'avoir aidé dans mes prélèvements.

## **DEDICACES**

Je ne sais pas si je dois dédier ce travail à mes très chers parents qui ont toujours été présents pour moi, qui ont regardé mon succès avec de grands yeux.

Ou

A mon mari, qui m'a toujours soutenu dans mes moments difficiles, qui a toujours été présent pour moi.

A la fin

Je crois que je vais dédier ce travail à mon petit trésor «mon fils SAMI», en espérant qu'un jour, il sera fière de sa mère.

## TABLE DE MATIERES

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DEDICACES

SOMMAIRE

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION.....	13
<b>CHAPITRE 1 : REACTION COMPORTEMENTALE DU BIOA GRESSEUR (<i>capnodis tenebrionis</i>) SUITE A SON INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT</b>	
1.1.1 Position systématique.....	17
1.1.2. Morphologie.....	17
1.1.2.1. L'œuf .....	18
1.1.2.2. La Larve.....	18
1.1.2.3. La nymphe.....	18
1.1.2.4. L'Adulte.....	18
1.1.3. Accouplement et ponte.....	20
1.1.4. Développement larvaire.....	20
1.2. Influence climatique (température, Photopériode, hygrométrie)...	24
1.3. Influence du sol sur la ponte du bupreste noir.....	25
1.4. L'influence de la plante hôte.....	26
1.4.1. Composés nutritifs.....	26
1.4.1.1. L'influence du stress sur l'équilibre nutritionnel de l'insecte.....	28
1.4.1.2. Evaluation du stress par les biomarqueurs.....	29
1.4.2. Composés sémiochimiques.....	29
1.4.2.1. L'influence du stress hydrique sur l'attraction du bioagresseur.....	30
1.4.2.2. Reconnaissance du site de ponte.....	32

## CHAPITRE 2 : DEFENSE CHIMIQUE DES PLANTES ET FLUCTUATION DE LA REPONCE DEPENDANTE DE L'ENVIRONNEMENT

2.1. Composés allélochimiques intervenant dans l'autodéfense des plantes hôtes (prunier, cerisier).....	35
2.1.1. Généralité sur les composés secondaires (allélochimiques).....	35
2.1.2. Rôle du métabolisme des sucres dans la susceptibilité de la plante .....	37
2.1.3. Rôle des composés allélochimiques d'origine azotées.....	39
2.1.3.1. Les composés cyanogènes.....	40
2.1.3.2. Les glucosinolate .....	42
2.1.3.3. Les alcaloïdes.....	43
2.1.3.4. Les acides aminés non protéiques .....	43
2.2. Constance ou variation des informations sémiochimiques et allélochimiques des plantes hôtes (prunier, cerisier).....	44
2.2.1. Généralités sur les plantes hôtes.....	44
2.2.2. Exigence agro climatique des plantes hôtes.....	46
2.2.2.1. Prunier.....	46
2.2.2.1.1. Climat.....	46
2.2.2.1.2. Le sol.....	46
2.2.2.1.3. Fumure.....	47
2.2.2.1.4. Porte greffe .....	47
2.2.2.2. Cerisier .....	48
2.2.2.2.1. Climat .....	48
2.2.2.2.2. Le sol.....	49
2.2.2.2.3. Fumure.....	49
2.2.2.2.4. Porte greffe.....	50
2.2.3. Facteurs affectant les composés nutritifs et sémiochimiques.....	50
2.2.3.1. Effet espèce variété.....	50
2.2.3.2. Effet de la nutrition de la plante hôte.....	51
2.2.3.3. Influence de porte – greffe.....	52
2.2.3.4. Âge de l'arbre.....	52
2.2.3.5. Traitement chimique .....	53

## CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES

3.1. Introduction.....	55
3.2. Présentation de la région d'étude.....	56
3.2.1. Situation géographique.....	56
3.2.2. Climatologie .....	56
3.2.2.1. Température.....	57
3.2.2.2. Pluviométrie.....	57
3.2.3. Synthèse climatique .....	58
3.2.3.1. Diagramme Ombrothermique BAGNOULS et GAUSSEN .....	58
3.2.3.2. Climagramme d'EMBERGER .....	59
3.2.4. Présentation des zones d'étude .....	61

3.2.4.1. Commune de Ben Chicao.....	61
3.2.4.2. Commune d'EI OMARIA .....	63
3.3. Objectifs.....	64
3.4. Principe.....	64
3.4.1. Etude des facteurs édaphiques (sol).....	64
3.4.2. Etude des facteurs abiotique .....	65
3.4.3. Etude des facteurs biotique.....	65
3.5. Méthodes d'étude.....	66
3.5.1. Etude sur terrain.....	67
3.5.2. Au laboratoire.....	68
3.5.2.1. Mode d'extraction et de dosage des réserves énergétiques (dosage des lipides) du <i>capnodis tenebrionis</i> .....	68
3.5.2.2. Distribution et croissance relative du <i>capnodis tenebrionis</i> .....	70
3.5.2.3 Extraction et dosage des principes actifs.....	71
3.5.2.3.1. Extraction et dosage de l'azote.....	71
3.5.2.3.2. Extraction et dosage la cellulose et d'hémicellulose.	72
3.6. Analyse statistique des résultats.....	72

## CHAPITRE 4 : RESULTATS

4.1. Influence temporelle du support nourricier sur le conditionnement des différentes formes larvaires de <i>Capnodis tenebrionis</i> .....	75
4.2. Comparaisons des paramètres de conditionnement des différentes formes larvaires.....	77
4.3. Discrimination des paramètres de conditionnement du stade larvaire du <i>Capnodis tenebrionis</i> .....	80
4.4. Dynamique globale du cycle de développement du <i>Capnodis tenebrionis</i> .....	82
4.5. Cycle interprétatif de la succession temporelle des classes larvaires sous l'effet de la variation du support nourricier.....	84
4.6. Influence du support nourricier sur les réserves lipidiques des différentes formes (larve, nymphe, adulte) du <i>Capnodis tenebrionis</i> dans les différentes régions d'étude.....	87
4.7. Interaction réserves énergétique/constituants de la plante....	90
4.8. Interaction caractéristiques sol / Dégâts.....	95

## CHAPITRE 5 : DISCUSSION

5.1. Étude de l'influence temporelle du support nourricier sur le conditionnement	97
5.2. Étude de la répercussion des réserves énergétiques sur l'évolution et la répartition temporelle des stades larvaires dans la région de Ben Chicao.....	99
5.3. Étude de l'influence phytochimiques sur l'allocation des réserves énergétiques.....	102
5.4. Étude de l'influence de la nature du sol sur l'affinité de ponte	
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>108</b>

## LISTE DES ILLUSTRATION, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

<b>Figure 1.1:</b> Larve du <i>Capnodis tenebrionis</i> (face ventrale) (personnel, 2005).....	19
<b>Figure 1.2 :</b> Larve du <i>Capnodis tenebrionis</i> (face dorsale) (personnel, 2005).....	19
<b>Figure 1.3:</b> Adulte du <i>Capnodis tenebrionis</i> (face dorsale) (Personnel, 2005).....	19
<b>Figure 1.4 :</b> Adulte du <i>Capnodis tenebrionis</i> (ventrale) (Personnel, 2005).....	19
<b>Figure 1.5 :</b> Le cycle évolutif du capnode (de l'œuf à l'œuf) [27].....	21
<b>Figure 1.6 :</b> Femelle en position de ponte (personnel, 2005) .....	21
<b>Figure 1.7 :</b> Femelle en Ponte (Personnel, 2005).....	21
<b>Figure 1.8 :</b> Développement du capnode de la larve à l'adulte (Personnel, 2005).....	23
<b>Figure 1.9:</b> Représentation en profondeur des loges nymphale [29].....	23
<b>Figure 1.10 :</b> La mise en évidence du relationnel (individu- stress) par le biez des biomarqueurs [65].....	29
<b>Figure 1.11 :</b> Communication chimique inter spécifique (Arbre affaibli / bioagresseur) [72].....	31
<b>Figure 2.12 :</b> Principale voie de biosynthèse impliquée dans la production des métabolites secondaires végétaux [97].....	36
<b>Figure 2.13 :</b> Classification des composés secondaires produits par la plante [93].....	37
<b>Figure 2.14:</b> Dégradation des glucosides cyanogènes [114].....	41
<b>Figure 2.15 :</b> Hydrolyse des glucosinolates [125].....	42
<b>Figure 2.16 :</b> Stades repaire du cerisier [139].....	45
<b>Figure 2.17 :</b> Stades repaire du prunier [139].....	45
<b>Figure 3.18 :</b> Limites géographiques de Médéa.....	56
<b>Figure 3.19 :</b> Diagramme des précipitations depuis 1994 jusqu'à	58

2009.....	
<b>Figure 3.20</b> : Diagramme ombrothermique BAGNOULS et GAUSSEN de l'année 2009 dans la région de Médéa.....	<b>59</b>
<b>Figure 3.21</b> : Localisation de la région de Médéa dans le Climagramme d'EMBERGER.....	<b>60</b>
<b>Figure 3. 22</b> : Localisation des champs expérimentés sur la première station d'étude (Ben Chicao). ....	<b>62</b>
<b>Figure 3.23</b> : Localisation de la deuxième station d'étude (EL OMARIA)..	<b>63</b>
<b>Figure 3.24:</b> Figure d'arbre partiellement et totalement minée (personnel, 2005).....	<b>68</b>
<b>Figure 4.25:</b> Représentation graphique du conditionnement (poids, longueur du corps, longueur céphalique).....	<b>76</b>
<b>Figure 4.26</b> : Représentation graphique par G.L.M. de l'influence de la période et de l'espèce sur l'évolution du conditionnement larvaire .....	<b>78</b>
<b>Figure 4.27</b> : La disposition des fréquences de conditionnement, en fonction des paramètres de discrimination.....	<b>80</b>
<b>Figure 4.28</b> : Répartition temporelle du poids des différents individus larvaires par rapport aux deux espèces du prunus.....	<b>83</b>
<b>Figure 4. 29</b> : Répartition des classes par rapport au temps sur prunier...	<b>83</b>
<b>Figure 4. 30</b> : Répartition des classes par rapport au temps sur cerisier...	<b>83</b>
<b>Figure 4.31</b> : Décalage temporelle du cycle biologique entre les deux espèces de prunus.....	<b>86</b>
<b>Figure 4.32</b> : Représentation graphique des réserves lipidiques pour les différents stades larvaire par rapport au support nourricier.....	<b>88</b>
<b>Figure4.33</b> : Représentation graphique des réserves lipidiques pour les différents stades larvaire par rapport à la région.....	<b>88</b>
<b>Figure 4.34</b> : Représentation des Fluctuations des réserves lipidiques en fonction du stade, de la plante hôte, et la de région.....	<b>89</b>
<b>Figure 4.35</b> : Comparaison temporelle des taux de cellulose entre les deux régions.....	<b>92</b>

<b>Figure 4.36</b> : Comparaison temporelle d'hémicellulose entre les deux régions.....	<b>92</b>
<b>Figure 4.37</b> : Comparaison entre la cellulose des deux espèces du <i>prunus</i> dans la région de Ben chicoa.....	<b>92</b>
<b>Figure 4.38</b> : Evolution temporelle du poids larvaire entre les deux espèces du <i>prunus</i> .....	<b>92</b>
<b>Figure 4.39</b> : Comparaison des taux d'azote entre les deux espèces du <i>prunus</i> dans la région d'El O maria.....	<b>92</b>
<b>Figure 4.40</b> : Comparaison des taux d'azote entre les deux espèces de <i>prunus</i> dans la région de Ben Chicao.....	<b>93</b>
<b>Figure 4.41</b> : Comparaison des taux d'azote entre les deux régions pour la même espèce de <i>Prunus</i> (Prunier).....	<b>94</b>
<b>Figure 4.42</b> : Comparaison des taux d'azote entre les deux régions pour la même espèce du <i>prunus</i> (Cerisier).....	<b>94</b>
<b>Figure 4.43</b> : Evolution des stades larvaires sur les deux supports nourriciers (Prunier, Cerisier) dans la région de Ben Chicao.....	<b>94</b>
<b>Figure 4.44</b> : Corrélations des réserves énergétiques et des éléments phytochimiques des plantes hôtes.....	<b>96</b>
<b>Figure 4. 45</b> : Classification ascendante hiérarchique des réserves 4 groupe A.C.P.....	<b>96</b>

## INTRODUCTION

D'importance modeste à la veille de l'indépendance, le patrimoine national de rosacées fruitières s'est enrichi par des introductions progressives d'espèces et/ou de variétés.

La production moyenne des rosacées fruitières dans la wilaya de MEDEA en 2009, avoisine les 363 685Qx. Les rendements enregistrés pour le cerisier et le prunier sont respectivement de 6120Qx et 46 500Qx ; Une production qui reste tributaire des itinéraires techniques inappropriés, en matière de choix de matériel végétal, de conduite, de fertilisation, de protection et d'irrigation.

En plus des contraintes d'ordre technique et organisationnel. Les insuffisances dont souffre le secteur des rosacées se trouvent aggravées par des problèmes liés aux aléas climatiques, ainsi qu'aux conditions difficiles dont, la nature du sol, du relief, et le manque de matériel végétal sain et authentique (Espèce, variété et porte greffe). De ce fait, les attaques parasitaires peuvent donc être nombreuses, répétées et très dommageables.

*Capnodis tenebrionis* (L. 1758) est connu dans plusieurs régions du bassin méditerranéen comme un insecte phytophage commun de la famille des Rosacées. Les infestations dans les vergers des fruits à noyaux ont des conséquences économiques et peuvent souvent causer la mort des plantes à cause des galeries larvaires dans les racines [1].

Ayant un cycle biologique assez confus allant de 1an à 2 ans, le développement et la ponte du bupreste noir semble influencé par les conditions du milieu, ainsi que de la qualité nutritionnelle et sémiochimique que la plante lui

procure. Les rapports plante – parasite mettent en relief toute l'importance des **facteurs du milieu** sur la susceptibilité de la plante. Ainsi la convergence de son incidence d'ordre **biochimique** : soit sur la sensibilité, soit sur la résistance. Qu'il s'agisse de l'influence du stade phénologique, de la variété, du climat, ou du sol [2].

Tout comme les éléments nutritifs, les plantes produisent des composés non nutritifs nommés composés secondaires ou allélochimiques. Ces composés secondaires se divisent en trois catégories principales, les terpénoïdes, les composés azotés et les composés phénoliques [3]. La grande majorité de ces composés peuvent avoir des effets répulsifs (lors de l'orientation olfactive), antiappétants (lors de l'essai d'alimentation) ou toxiques pour les insectes et d'autres herbivores. Certains composés ont un rôle indirect dans la défense des plantes, attirant des parasitoïdes ou des prédateurs du ravageur. Les défenses chimiques peuvent être produites constitutivement ou en réponse à une attaque, localement ou dans toute la plante [4].

Lorsque l'hôte est organisé en agrégats, l'insecte doit être capable de distinguer à distance le message émis par son espèce hôte parmi la multitude de composés volatils présents dans l'air ambiant afin de localiser ces agrégats. Dans de nombreux Systèmes, l'hôte n'est exploitable par les insectes qu'à un stade précis de son développement [5 ; 6; 7]. Dans ce cas, les insectes doivent non seulement être capables de reconnaître leur espèce hôte mais également le bon stade de développement de celle-ci.

Les signaux chimiques perceptibles à distance émis par les plantes correspondent très généralement à un mélange de composés organiques volatils qui sont perçus par les organes sensoriels situés sur les antennes et déclenchent une réponse comportementale spécifique chez l'insecte. Généralement, l'identité des molécules joue non seulement un rôle important dans l'attraction des insectes, mais leurs proportions relatives sont également très importantes.

Ces composés volatils sont généralement émis par les feuilles mais selon différents mécanismes. Cette émission peut correspondre à la libération de composés synthétisés ou stockés intervenant pendant la destruction des structures végétatives lors de la prise alimentaire par un herbivore [8]. Dans

d'autres cas, c'est la rupture mécanique des tissus de la feuille [9], ou la diffusion de certaines molécules présentes dans la salive des herbivores [10], qui active la synthèse des composés volatils. Ces composés peuvent ne pas être émis uniquement au niveau du site d'attaque de l'herbivore, mais également par tout le reste de la plante [11].

D'après JAYARAJ [12], cite par CHABOUSSO [2], des études ont été poursuivies concernant la nature des relations entre la biochimie des plantes et l'attraction et la multiplication des prédateurs qui s'exprime en termes de valeur nutritionnelle. En effet, chez les variétés tolérantes on observe l'accumulation d'acides aminés libres; corrélativement d'ailleurs, la variété résistante contient d'avantage de sucre que les variétés susceptibles.

Plusieurs études ont montré que ces métabolismes primaires, sucres, acides aminés, lipides, pouvaient influencer l'oviposition [13; 14 ; 15]. Mais comme ces composés sont ubiquitaires chez les plantes et que leur concentration varie en fonction du stade phénologique, de l'âge et de l'état physiologique de la plante, il semblerait que leur rôle soit secondaire dans la sélection de la plante hôte lors de la ponte [16 ; 17]. Le rôle de ces substances pourrait alors être d'influencer la distribution des œufs entre différents organes ou entre différents individus d'une même espèce végétale hôte [17].

Il convient aussi de retenir les résultats obtenus par CHARARAS [18], qui reconnaît qu'en plus des constituants biochimiques, les conditions climatiques jouent un rôle important au moment de la sélection de la plante hôte par l'insecte puisqu'elles conditionnent l'activité d'envol, l'activité nutritionnelle et le développement des adultes.

# CHAPITRE 1

## REACTION COMPORTEMENTALE DU BIOAGRESSEUR *(capnodis tenebrionis)* SUITE A SON INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT.

### 1.1. Généralité sur le bupreste

#### 1.1.1. Position Systématique

D'après CHRISTION [19], le bupreste noir des rosacées, tire son nom de l'appellation scientifique *Capnodis tenebrionis* L. il appartient à :

- Embranchement des **Arthropodes**
- Sous embranchement des **Antennates**
- Classe des **Insectes**
- Sous classe des **Ptérygotes**
- Section des **Néoptères**
- Super ordre des **Coleopteroides**
- Ordre des **Coléoptères**
- Sous ordre des **Polyphaga**
- Super famille des **Daxiloïdea**
- Famille des **Buprestidae**
- Tribu des **Psilopterini**
- Genre : **Capnodis**
- Espèce : **Capnodis tenebrionis**

- nom commun : **Capnode**

### 1.1.2. Morphologie

#### 1.1.2.1. L'œuf

Est de forme sub-elliptique légèrement aplatie sur la surface en contact avec le support, d'une couleur blanche opaque d'aspect laiteux [20]. Il mesure environ 1.5 mm dans son grand axe et 1 mm de large, et pèse environ 0.632 mg [21]

A sa sortie des valves génitales de la femelle, l'œuf est recouvert d'une substance visqueuse. Lorsque l'œuf est pondu dans le sol, le mucus retient des particules de terre qui le rendent difficilement décelable [22]

#### 1.1.2.2. La Larve

Très caractéristique de la famille des Buprestidés, la larve du capnode mesure à son éclosion environ 0.30 cm [23]

Elle a sensiblement le même aspect que la larve âgée qui atteint à son complet développement 7 cm environ

Orné d'un V renversé à la face dorsale et de deux traits parallèles à la face ventrale, la dilatation du thorax a valu à la larve du capnode le nom de larve « Marteau » [24]

#### 1.1.2.3. La nymphe

D'après CHRISTION [19], elle est de couleur blanche nacrée, elle a l'aspect d'un adulte momifié dont les pattes, les antennes et les rudiments des ailes et des élytres sont repliées sur la face du corps.

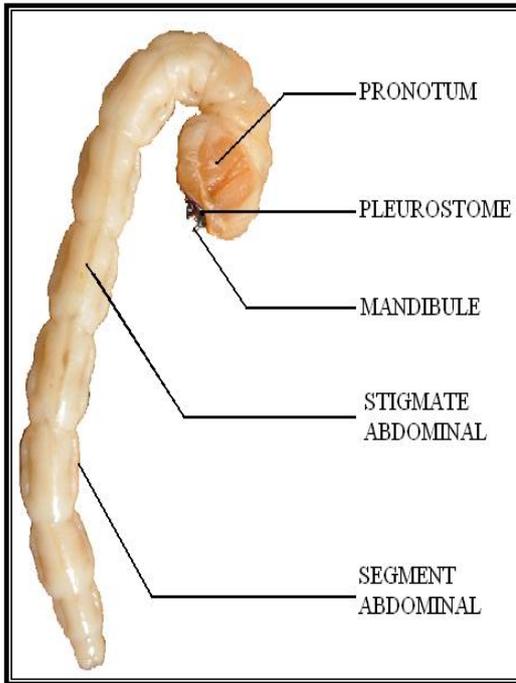


Figure 1.1: Larve du *Capnodis tenebrionis* (face ventrale) (personnel, 2005).

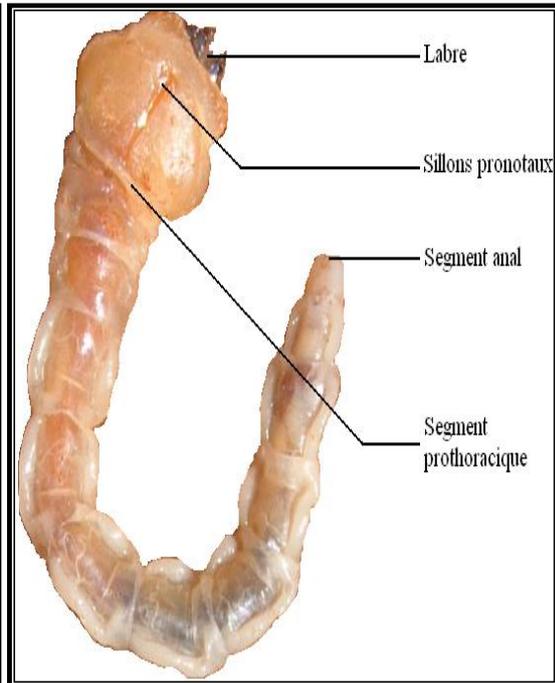


Figure 1.2 : Larve du *Capnodis tenebrionis* (Face dorsale) (personnel, 2005).

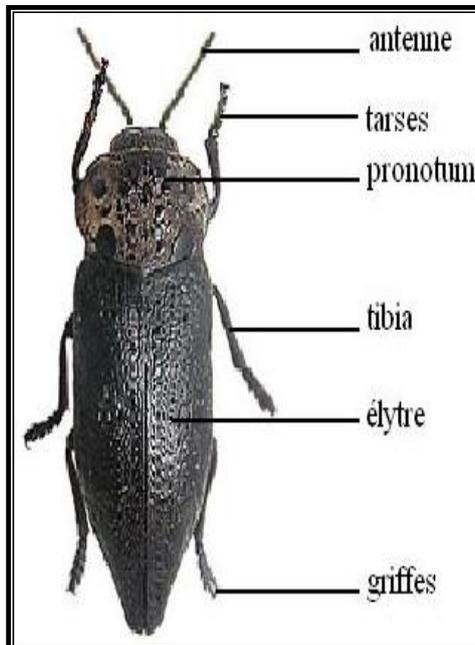


Figure 1.1: Adulte du *Capnodis tenebrionis* (face ventrale) (personnel, 2005).

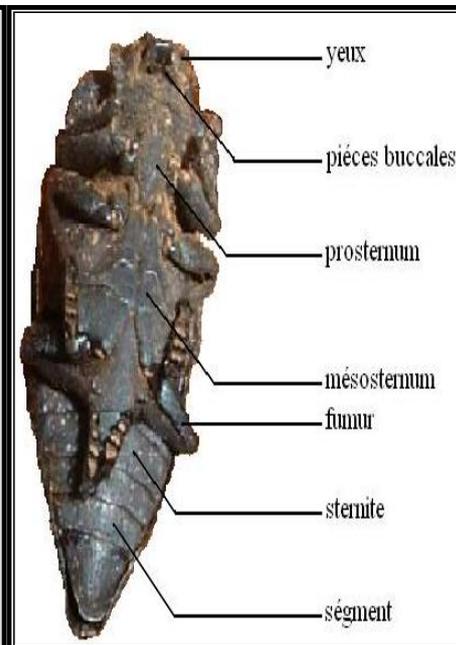


Figure 1.2 : Adulte du *Capnodis tenebrionis* (Face dorsale) (Personnel, 2005)

#### 1.1.2.4. L'Adulte

C'est un gros coléoptère de taille très variable allant de 1,5 cm à 2,5 cm, couleur entièrement noire, a reflets bleuâtres sur la face ventrale de l'abdomen. Ces reflets bien visibles au début du stade imaginal, disparaissent presque complètement par la suite [22].

Le jour de leur sortie, les adultes ne s'alimentent pas. Ils sont totalement dépourvus de réserves graisseuses, leur voracité est ensuite très grande et c'est en Août que les dégâts dus aux adultes, sont les plus importants [25].

Dans le Tell Algérien la longévité des adultes du *Capnodis tenebrionis* L. est très courte, 1 à 4 mois (adultes mourant avant l'hibernation) [25].

La mortalité des adultes est faible avant la ponte, dès que la ponte a commencé, les mâles meurent en grand nombre, certainement après avoir accompli leur fonction de reproduction. Les femelles meurent aussi en assez grand nombre, souvent l'abdomen encore plein d'œufs. Est-ce l'épuisement dû à la ponte qui provoque la mort des femelles ? [23].

#### 1.1.3. Accouplement et ponte

L'accouplement ne s'observe guère avant le mois de juillet, il s'effectue en plein jour sur les rameaux [26].

D'après [23], cet accouplement, est très difficile à observer. Il dure environ 10 à 15 minutes et à la moindre alerte les insectes se séparent.

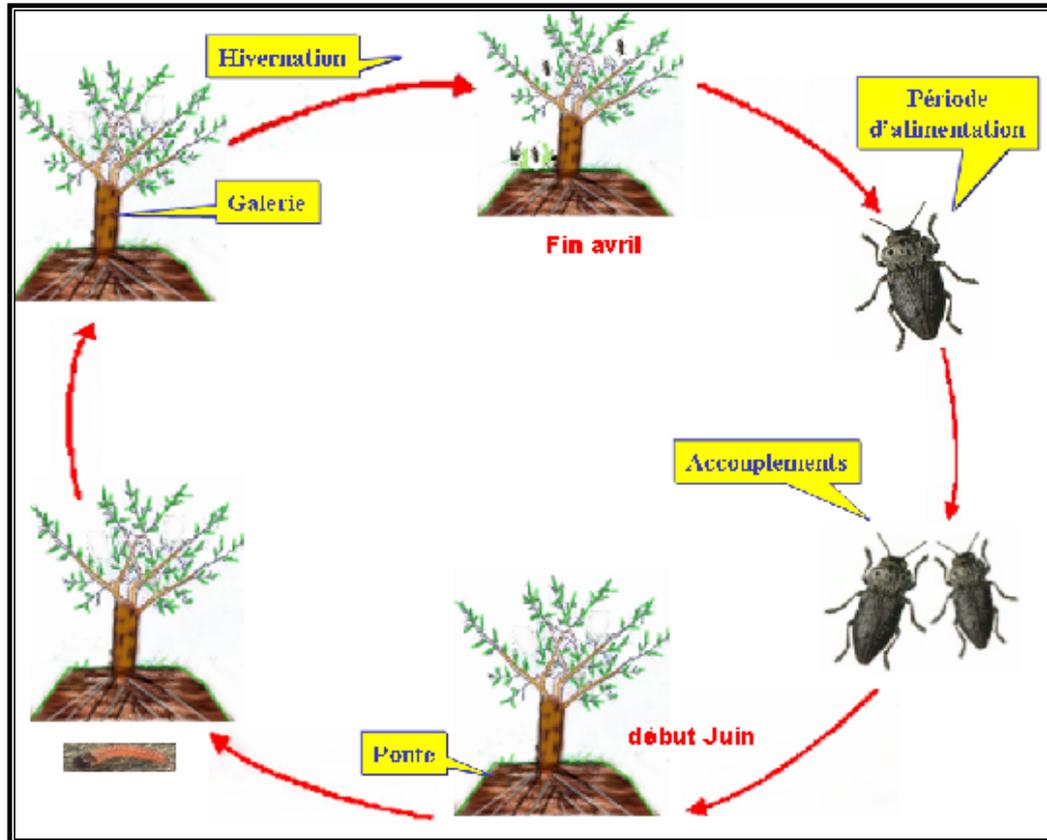


Figure 1.5 : Le cycle évolutif du capnode (de l'œuf à l'œuf) [27].



Figure 1.6 : Femelle en position de ponte (personnel, 2005).



Figure 1.7 : Femelle en Ponte (Personnel, 2005).

La ponte a lieu de préférence dans les zones ensoleillées. Elle se fait à proximité des arbres, soit en terre jusqu'à 40-50 cm du tronc, soit sur le tronc lui-même jusqu'à une hauteur qui n'excède pas 15 cm au dessus du niveau du sol. En moyenne 90% des œufs sont pondus en terre avec une forte proportion à moins de 10 cm du tronc, 10% sont pondus sur le tronc. Les femelles pondent à la faveur de crevasses, de l'espace laissé libre entre la terre et le collet de l'arbre, de mottes ou de cailloux ; les œufs étant déposés à environ 1 cm de profondeur [23].

HMIMINA et al. [28], ont notés que la ponte s'échelonne sur 2 mois environ et que le nombre d'œufs pondus par femelle est très variable. En moyenne, il est de 757 œufs sur 10 couples élevés à 35°C.

La durée d'incubation des œufs est 9 à 13 jours en moyenne. TAJNARI [29], précise que cette durée est fonction de la température et peut varier de 9 à 15 jours selon que la température est de 30 à 20°C.

#### 1.1.4. Développement larvaire

Après une durée variable, l'œuf donne naissance à une larve (larve néonatale), munie de touffes de poils à l'extrémité et sur les flancs de l'abdomen, très sensible à la sécheresse, la jeune larve n'ayant pas pris de nourriture, perd la faculté de se diriger vers le collet, et meurt dans les 24 heures qui suivent sa naissance. En sol humide, elle peut vivre plus de 48 heures [22].

Dés que la larve atteint un organe hôte, racine ou collet, elle y pénètre à la faveur d'accident du relief de l'écorce ou de blessures [30].

BONNEMAISON [31], précise que la larve du capnode creuse des galeries sinueuses, très larges qu'elle bourre d'une fine sciure. Les larves s'alimentent principalement de la couche sous corticale et passe par quatre stades avant de se nymphoser.



Figure 1.8 : Développement du capnode de la larve à l'adulte

(Personnel, 2005).

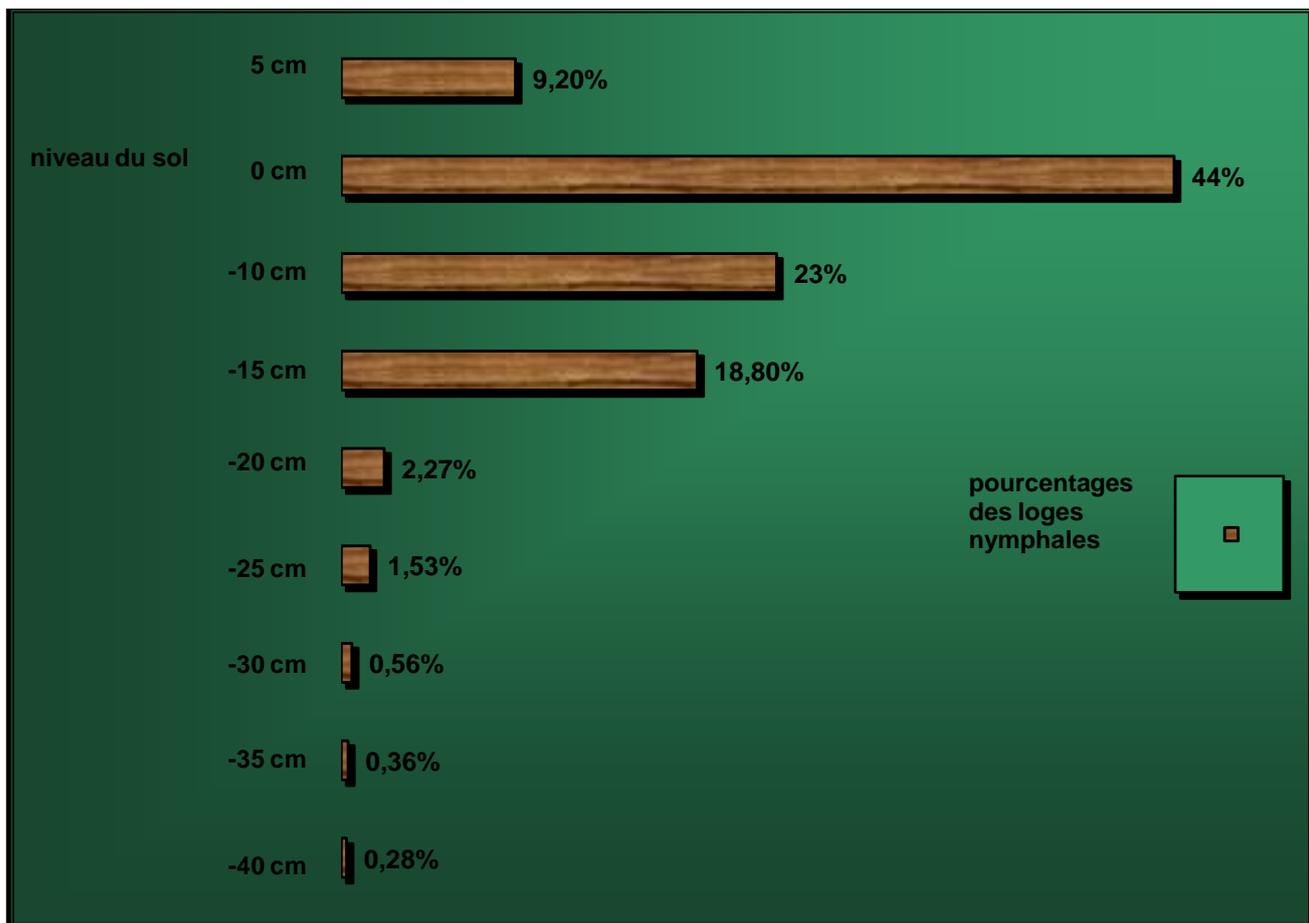


Figure 1.9: Représentation en profondeur des loges nymphale [29].

TAJNARI [29], a pu déterminer la répartition en profondeur des loges nymphales (Figure 1.9) qui se fait près du sol ; En effet, 95% des loges nymphales sont situées entre 5 cm et 15 cm au-dessous du sol. Avec 9.2% entre 0 et 5 cm, 23% entre 5 et 10 cm et 0.28% entre 30 et 40 cm au-dessous du niveau du sol, au-delà les loges sont inexistantes.

### 1.2. Influence climatique sur la biologie du bupreste noir (température, photopériode, hygrométrie)

Il convient de retenir les résultats obtenus par CHARARAS [18], qui reconnaît que les conditions climatiques jouent un rôle important puisqu'elles conditionnent l'activité d'envole, l'activité nutritionnelle et le développement des adultes au moment de la sélection de la plante hôte par l'insecte.

En Algérie, Les sorties des adultes nouvellement éclos s'échelonnent entre la mi-juillet et la mi-août dans le Tell Algérien [25], cependant, au Maroc, l'adulte nouvellement éclos naissant à partir de la fin juillet jusqu'à mi-septembre. La sortie s'échelonne au gré des conditions climatiques; elle peut avoir lieu en hiver si le temps est Chaud et ensoleillé [32]. Selon TAJNARI [29], plus les jours sont chauds et ensoleillés plus la résurgence est importante.

L'activité des adultes est nulle au dessous de 15°C, très faible entre 15 °C et 20 °C. C'est seulement à partir de 25 °C et durant les heures chaudes et ensoleillées que l'activité de l'insecte est à son maximum, l'émergence des adultes s'arrête également autour de 40 °C à 42 °C [24].

Après maturation des ovaires L'accouplement à lieu quand la température s'élève à un certain seuil compris entre 20°C et 30°C [23].

La ponte ne se produit qu'à partir de 26° avec un optimum qui se situe entre 28° et 34°C. Au dessous de 36°C, elle subit une diminution très sensible. Au-delà de 40°C, elle est nulle [25].

La durée d'incubation des œufs est très variable selon les températures et peut varier entre 7 et 25 jours, plus même. Au cours des élevages, les œufs a l'air libre, en atmosphère favorable, avortent dans une proportion de 40 à 45%, ce pourcentage augmente beaucoup quand l'hygrométrie approche de 80% et devient de 100% quand l'humidité atmosphérique dépasse 90% [32].

En plus de la température, la ponte est influencée par la luminosité : La ponte n'a lieu que le jour, elle s'arrête au coucher du soleil, même si la température reste supérieure à 26°C. Selon SEKET et HMIMINA [34], le développement larvaire est de 8 mois et 10 jours à 28°C et de 13 mois sous les conditions naturelles.

### 1.3. Influence du sol sur la ponte du bupreste noir

La ponte a lieu à la base des troncs ou sur le sol proche [35]. La femelle du capnode introduit son oviscapte dans le sol en prenant appui sur le tronc [22].

L'influence de la nature du sol est un facteur fort important dans la mesure où **les dégâts peuvent se répercuter à chaque variation d'une des composantes physiques du sol** [36].

La durée d'incubation des œufs varie de 10 à 16 jours avec une durée moyenne de 12 jours. Le taux d'incubation moyenne varie entre 0% et 82,2% **selon l'humidité du sol**. En particulier, l'éclosion qui diminue avec l'augmentation du degré d'humidité du sol [35]. En période de ponte, des irrigations à 25% d'humidité atmosphérique, provoque un avortement d'œufs de 40-45% [33].

En outre, MALAGON et al. [37], ont prouvé que l'humidité du sol a également une influence sur l'activité et la distribution spatiale de ponte, qui se produit de préférence dans les endroits secs, où l'humidité du sol est moins de 6%.

### 1.4. L'influence de la plante hôte sur le comportement du bioagresseur (attraction nutritionnelle et sémiochimiques)

Les rapports Plante – Parasite, mettent en relief toute l'importance des facteurs du milieu sur la susceptibilité de la plante vis – a – vis de ses divers parasites [2].

La plante hôte, comme source de nourriture, joue un rôle déterminant dans la dynamique des populations avec ses composantes nutritives

(Protéines, acides aminés, glucides, lipides, vitamines, minéraux, eau, etc.) [38].

Finalement, cette analyse conduira à cerner la nature des relations entre plante et parasites qui sont d'ordre nutritionnel [2].

Cette nutrition fournit à un organisme les composés chimiques nécessaires pour sa croissance, son développement, sa reproduction, sa défense, ses déplacements et sa survie [39].

#### 1.4.1. Composés nutritifs

En général, les insectes ont besoin à peu près des mêmes composés nutritionnels de base que les autres animaux [40]. La plupart de ces composés proviennent de la nourriture mais certains peuvent être synthétisés par l'insecte [41].

Plusieurs auteurs [42; 43; 44; 45] signalent que l'azote et les sucres solubles sont deux groupes de composés nutritifs qui jouent un rôle primordial dans la croissance et le développement des insectes.

L'azote influence positivement la vitesse de développement de l'insecte durant les premiers stades larvaires (jeunes larves) [46], et aussi durant toute la période larvaire [43].

Certains travaux [47; 48; 43; 49] montrent une corrélation positive entre le poids des larves ou/et des chrysalides et l'azote. Mais les meilleures performances des insectes se réalisent lorsque les taux d'azote dans la nourriture sont similaires aux taux que l'on retrouve dans le feuillage en début de saison de croissance [43; 45].

Il existe une forte relation entre les performances de l'insecte et le taux d'azote. Mais si la nourriture ne contient pas ou contient en faible quantité l'un des dix acides aminés essentiels (l'arginine, l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane, la valine) [50], le développement larvaire est affecté quel que soit le taux d'azote total [51].

L'amidon et le saccharose sont les hydrates de carbone typique avec les quelles les insectes se nourrit a partir des plantes [52]. La Cellulose, est le majeur polysaccharide complexe présent dans les tissus végétaux. Le sucre est la principale source d'énergie pour les insectes. Par contre, certaines espèces sont capables de remplacer entièrement les glucides par les lipides ou les protéines [40].

Le sucre est reconnu pour augmenter le poids des adultes et diminuer le temps de développement [46; 44]. [53] ont démontré le rôle phagostimulant du sucre sur les larves par la stimulation des sensilles gustatives.

Les minéraux comme le potassium, le phosphore et le magnésium constituent des nutriments essentiels aux réactions biochimiques et aux fonctions physiologiques de l'insecte [40; 54].

Les besoins nutritionnels d'un insecte changent avec le temps selon les besoins pour la croissance, la reproduction, la diapause et la migration. En général, le besoin en azote des jeunes stades larvaires est plus élevé que celui des larves plus âgées [55].

Un insecte confronté à un déséquilibre nutritionnel peut essayer de compenser de trois façons différentes : soit en augmentant son ingestion, soit en changeant la source de nourriture (changement d'hôte, de partie de la plante) ou encore en ajustant son efficacité de conversion de sa nourriture [56].

#### 1.4.1.1. L'influence du stress sur l'équilibre nutritionnel de l'insecte

Les lipides jouent un rôle important comme réserves énergétiques [57]. Les formes de stockage important de lipides (graisses) chez les plantes et les insectes sont les triglycérides, les esters et les acides gras [52]. La quantité de lipides disponible pour les réserves semble être le résultat d'une balance entre la prise de nourriture et les demandes de réserves par des processus tels que la reproduction, la maintenance et la croissance [58].

Les réserves glucidiques varient en accord avec les étapes différentes de développement : elles augmentent pendant les périodes de repos et diminuent pendant les périodes de croissance. Pendant les différentes étapes de développement, le catabolisme du sucre peut être affecté via la voie de glycolyse classique ou la voie des pentoses phosphates [59].

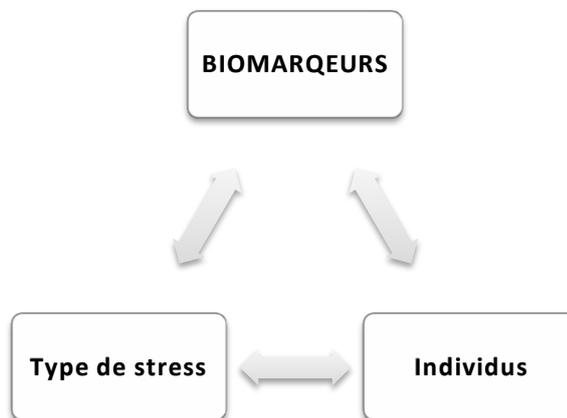
Face à un stress, l'organisme met en place différents moyens de lutte; qui lui coûte ces ressources métaboliques [60]. Les ressources investies dans les fonctions physiologiques vont ainsi entrer en conflit avec le maintien de l'homéostasie. En effet, selon le principe d'allocation de [61] et [62], tout investissement supplémentaire dans un aspect quelconque de la vie d'un organisme ne pourra se faire qu'au dépend d'un autre aspect.

L'organisme peut être capable de compenser le stress subi, mais arrivé à un certain point, il lui devient impossible d'effectuer cette compensation [63]. Cet effort optimal sera donc déterminé par un équilibre entre les bénéfices attendus et les coûts pour les fonctions futures [61]

#### 1.4.1.2. Evaluation du stress par les bios marqueurs

Les biomarqueurs permettant d'évaluer de façon aussi précoce que possible l'impact potentiel d'un stress. Ainsi, les biomarqueurs servent donc de traceurs (observable et/ou mesurable) pour des réactions qui se produisent à divers niveaux d'organisation biologique [64]. Ainsi; un biomarqueur représente donc, une signature biologique de l'impact du stress l'organisme, et non la mise en évidence directe de celui-ci [65].

Les différentes modifications mesurables dans le temps à l'échelle sub-organique auront un effet direct sur les individus et l'ensemble de la population. Elles vont donc se répercuter sur le potentiel biotique dont les réserves énergétiques des organismes. Cependant, pour pouvoir prédire les conséquences d'un stress sur un organisme ou sur une population, à partir d'un biomarqueur, il est nécessaire de mettre en relation trois paramètres (figure 1.10) [65].



**Figure 1.10 : La mise en évidence du relationnel (individu- stress) par le biez des biomarqueurs [65].**

#### 1.4.2. Composés sémiochimiques

Le processus de sélection chez les insectes avec le monde vivant est guidé en général par plusieurs stimuli visuels où l'olfaction [66]. Les insectes recourent à des signaux chimiques dans la détection de la nourriture, du site d'oviposition, dans

l'établissement des relations interindividuelles, sociales et sexuelles, et dans l'appréhension du danger (reconnaissance d'un prédateur, d'une substance toxique) [67].

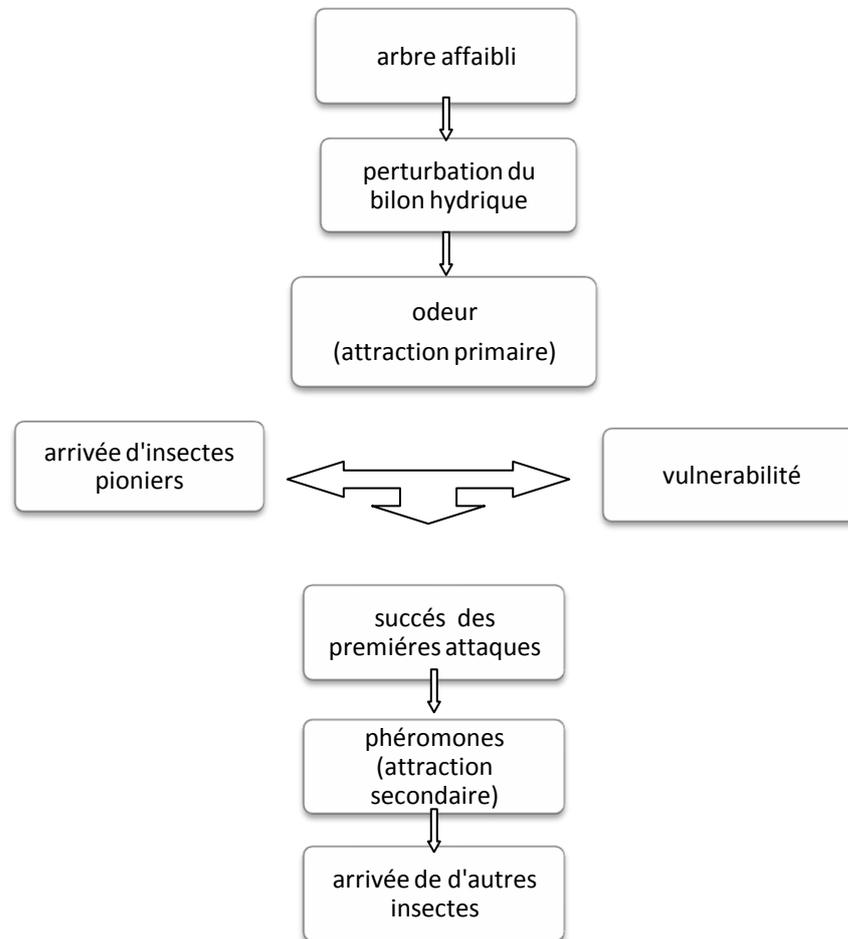
Les insectes s'adaptent par ailleurs aux conditions environnementales des plantes mais aussi aux constituants chimiques perçus [68]. Plusieurs études ont montré l'importance de la présence de certains composés chimiques de la plante hôte dans l'attraction ou la répulsion des ravageurs [69].

#### 1.4.2.1. L'influence du stress hydrique sur l'Attraction du bioagresseur

Les arbres deviennent attractifs à partir du moment où ils sont affaiblis, ce qui perturbe leur bilan hydrique; ceci provoque l'émission d'odeurs qui attirent le ravageur à distance. Plusieurs recherches confirment parfaitement l'influence de l'état physiologique de la plante sur sa sensibilité vis-à-vis de ses parasites.

Sous l'hypothèse que les femelles dépendent entièrement de la disponibilité de ses plantes hôtes pour survivre et se reproduire et que la capacité de sélectionner un endroit propice au bon développement de sa progéniture affecte le succès reproducteur d'un individu [70; 71].

CATE et ALEXANDER [72], avancent qu'un arbre mal alimenté en eau, peut aussi être plus attractif pour les insectes à cause d'une modification de son spectre d'odeurs (émission de volatiles attractifs tels que l'éthanol ou la modification du spectre de terpènes), composés qui permettent aux arbres de repousser les attaques des ravageurs pionniers



**Figure 1.11 : Communication chimique inter spécifique  
(Arbre affaibli / bioagresseur) [72].**

La plupart des plantes, durant un stress hydrique, diminuent leur potentiel osmotique par accumulation d'osmolytes (ions inorganiques, acides aminés, sucres solubles, acides organiques, polyols) ce qui leur permet de limiter l'évapotranspiration et d'accentuer l'extraction de l'eau du sol [73].

En période de sécheresse, les concentrations en minéraux dans les tissus aériens ont tendance à être plus élevées [74]. Par exemple, le métabolisme de l'azote est perturbé [75], et se caractérise par l'hydrolyse des protéines, de sorte que les

concentrations en protéines diminuent tandis que celles en acides aminés, notamment la proline, augmentent [76].

Le métabolisme du carbone est également perturbé et l'hydrolyse de l'amidon entraîne une augmentation des concentrations en sucres solubles phagostimulant [77].

L'eau occupe un rôle essentiel dans les phénomènes métaboliques [78], de la photosynthèse au transport et l'accumulation des éléments minéraux et à la multiplication cellulaire, pour assurer la croissance et le développement des plantes [79]. Les dégâts produits par le stress hydrique se manifestent par une chlorose, des phénomènes de sénescence l'abscission des feuilles de la base et le flétrissement ainsi qu'une réduction de la surface foliaire des feuilles nouvellement formées [80].

Un stress hydrique peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le bilan entre la disponibilité et les besoins, ainsi qu'une diminution de la pression de turgescence de la plante qui se traduit par une perte d'eau du contenu cellulaire [81]. L'acide abscissique (ABA), qualifié « d'hormone de stress », est synthétisé rapidement et semble avoir un rôle important dans la réponse au stress, dans l'inhibition de la photosynthèse et le ralentissement de la croissance des feuilles [82].

L'acceptabilité d'une plante semble être gouvernée par l'équilibre existant entre des stimuli positifs et négatifs produits par la plante et perçus par l'insecte. Sur une plante acceptable, les stimuli positifs (facteurs chimiques et physiques stimulants) domineraient les stimuli négatifs (barrières physiques, facteurs chimiques et physiques dissuadant) [83 ; 84 ; 85 ; 86].

#### 1.4.2.2. Reconnaissance du site de ponte

L'oviposition est une étape cruciale dans le cycle reproducteur d'un insecte phytophage. Pour trouver un site de ponte acceptable, la femelle gravide réalise une séquence d'actes comportementaux stéréotypés répondant à une succession de signaux spécifiques de la plante hôte qui la guident vers le site de ponte [84 ; 86].

A une certaine distance de la plante, les odeurs qui en émanent agiraient plutôt comme des activateurs de comportements de vol. L'insecte se baserait alors sur la direction du vent transportant ces odeurs et/ou sur une orientation visuelle pour se rapprocher de l'hôte. L'orientation selon un gradient de concentration d'odeur ne peut avoir lieu qu'à quelques centimètres de la plante et jouerait, en combinaison avec la vision, un rôle important au cours de l'atterrissage [87].

Dès que l'insecte atterrit et touche la plante, il entre dans une phase d'évaluation pour déterminer si le site est acceptable pour l'oviposition. Par des contacts répétés de ses pattes, antennes, ovipositeur et pièces buccales avec la surface de la plante, l'insecte tente de percevoir des signaux physiques et chimiques lui indiquant l'acceptabilité du site. Ce sont la mécanoréception (perception tactile) et surtout la chémoréception par contact qui sont les modalités sensorielles dominantes [88, 89].

La sélection d'une plante par un insecte phytophage peut être expliquée en partie par les caractéristiques physiques du site de ponte comme le relief, la texture, la couleur, la réflectance, ou la forme de la plante ou de l'organe sélectionné. Ceux-ci participeraient à la formation de l'image sensorielle recherchée par la femelle, caractéristique de la plante hôte. La morphologie, la texture et la structure des cires épicuticulaires de la surface des plantes sont les principaux facteurs constituant l'image sensorielle [86].

Les insectes phytophages se sont adaptés au cours de l'évolution à exploiter certains signaux pour évaluer la qualité de la plante, ce qui leur évite d'être exposés à des substances toxiques éventuellement présentes à l'intérieur. En fonction des informations chimiques et physiques perçues, l'insecte entreprendra et poursuivra ou non les séquences comportementales engagées [89].

Les signaux chimiques d'une plante sont considérés comme l'information principale sur laquelle se base un insecte phytophage dans le choix d'un site de ponte [90]. Alors qu'une information chimique perçue à distance permet la localisation de la plante [91 ; 89], on considère que l'information chimique utilisée pour reconnaître un site de ponte est perçue à faible distance et par contact après l'atterrissage, lorsque l'insecte est posé sur la plante [90; 88 ; 89].

## CHAPITRE 2

# DEFENSE CHIMIQUE DES PLANTES ET FLUCTUATION DE LA REPONCE DEPENDANTE DE L'ENVIRONNEMENT

### 2.1. Composés allélochimiques intervenant dans l'autodéfense des plantes hôtes (prunier, cerisier)

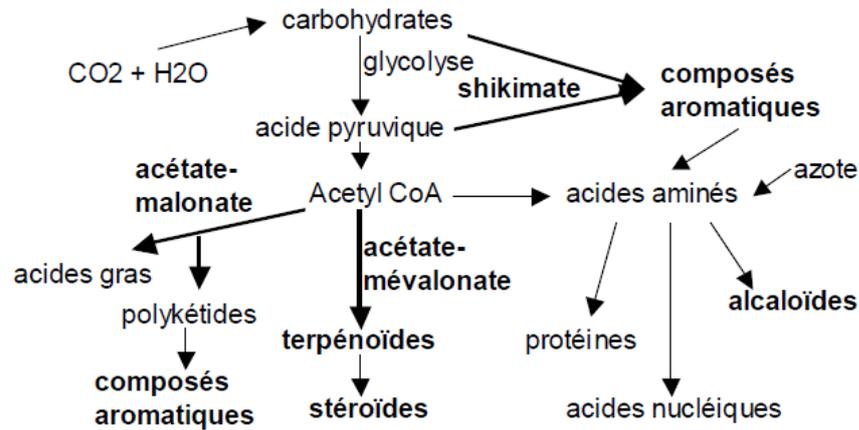
Beaucoup d'attention a été dévouée dans la littérature aux problèmes de signification du composé chimique dans la plante dans la lutte contre les maladies et les bioagresseurs [92].

#### 2.1.1. Généralité sur les composés secondaires (allélochimiques)

Bien qu'immobile, de temps de génération souvent long et de faible taux de recombinaison, les végétaux constituent le taxon le plus important en terme de biomasse sur terre (producteurs primaires). Ils possèdent un efficace système de résistance, basé sur des caractères physiques, chimiques et développementaux, vis-à-vis de ces ravageurs [93].

La résistance des plantes face aux insectes définit la capacité de celle-ci à éviter ou réduire les dommages causés par ces derniers [94]. Elle varie de plus dans le temps, l'espace, tissu considéré et selon les conditions environnementales [95].

Toutefois, les composés chimiques produits par les plantes sont probablement le facteur le plus important contrôlant le comportement des insectes dans la nature [96]. Ces composés de structures et natures variées peuvent avoir des effets répulsifs (lors de l'orientation olfactive), antiappétants (lors de l'essai d'alimentation) ou toxiques pour les insectes et d'autres herbivores [93].

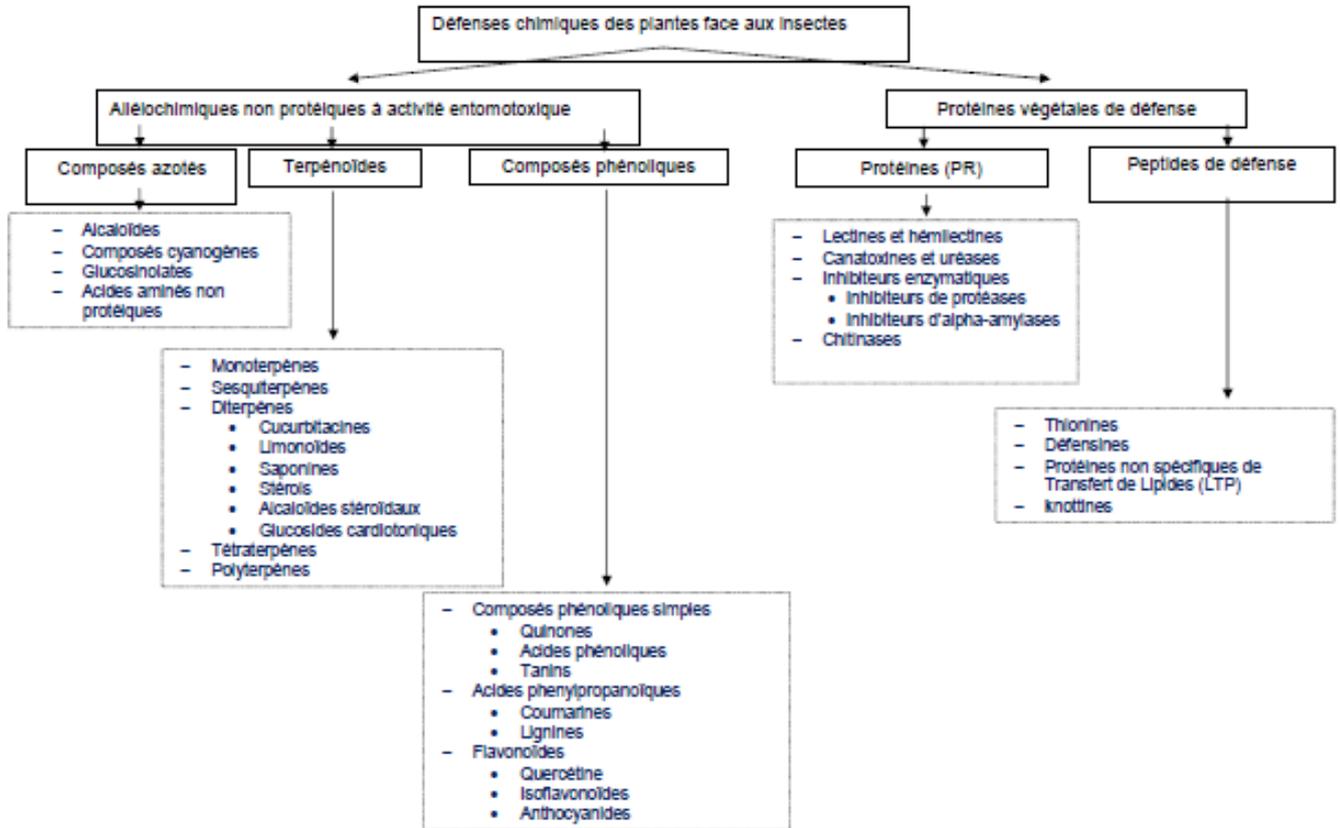


**Figure 2.12 : Principale voie de biosynthèse impliquée dans la production des métabolites secondaires végétaux [97].**

Les métabolites secondaires sont les outils principaux de la coévolution plantes-êtres vivants, ce qui a donné lieu à une diversification de ces composés. Il s'agit d'une coévolution qui s'applique à tous les niveaux d'organisation du vivant, et qui s'exprime à tous les stades du développement de la plante [98].

Elles se rencontrent sous forme de composés allélochimiques et/ou certains inhibiteurs de protéases [99], et déclenchent chez l'insecte des réponses comportementales [100].

Ces composés secondaires se divisent en deux catégories principales à base de carbone : les terpénoïdes et les composés phénoliques [54]. On cite ainsi, les glucosinolates et les alcaloïdes d'origine azotés ayant des effets toxiques, attractifs et/ou phagostimulant selon l'espèce d'insecte concernée [101]. Elles peuvent ainsi être mortelles, cas des **alcaloïdes** (nicotine, atropine, quinine), ou simplement répulsives, cas des tanins [102].



**Figure 2.13 : Classification des composés secondaires produits par la plante [93].**

### 2.1.2. Rôle du métabolisme des sucres dans la susceptibilité de la plante

Beaucoup d'auteurs ont signalé le rôle majeur des sucres de la plante comme un facteur déterminant la susceptibilité de la plante. [103], considère que le taux de sucre essentiel à la nutrition des pathogènes, est un facteur facilitant l'infection de la plante ; d'autres travaux ultérieurs, notent qu'il y a une corrélation entre le degré de susceptibilité des grappes, et le taux élevé de sucre contenu dans les fruits [104].

D'autre part, SUKHOROKOU et al. [105], considèrent que les conditions favorables pour le développement de certains phytophages sont créées lors d'amorçage en sucre, qui est suivi par une dépression de taux de protéine et une accumulation d'acides aminés ; des observations similaires chez VERNER et KLING [106], qui confirme que le taux faible en sucre augmente la susceptibilité pour certains parasites.

ROEMER et al. [107], conclu chez d'autres espèces de plantes, qu'il n'ya pas de corrélation entre le taux de sucre et la susceptibilité de la plante. Une relation plus définie, a été observée entre la résistance pour les parasites facultatifs et la composition qualitative des sucres, comme le démentre KRISTOFFERSON [108], que la présence des monoses (sucres simple) en tant que sucre soluble, c'est avéré un facteur très important. D'où une quantité relativement faible en sucres simple implique une grande résistance aux microorganismes au niveau des racines.

Ainsi la question sur l'importance de la composition qualitative des sucres est développée dans une série d'investigation par RUBIN ET al. : Elle indique qu'il ya un rapport corrélatif entre les carbohydrates, contenus dans les tissus de la plante, est utiliser par l'organisme comme substrat nutritive, ne peut être indépendamment significative sur le degré de résistance de la plante, elle dépend aussi du système enzymatique d'hydrolyse des bioagresseur [109]. Sauf que ce paramètre reste toujours insuffisant, pour en juger. D'autres substances nutritives doivent être examinées sur les différents aspects.

Les plantes supérieures, sont plus susceptible aux attaque des ravageurs obligatoire sont. WARD [110], conclue que la lumière joue un rôle important a coté des sucres, dans la susceptibilité de la plante vis-à-vis des ravageurs obligatoires. Il indique ainsi que les plantes placer dans le noir ne sont pas infecte, or dans la lumière abondante, il ya observation d'infestation. MAIN [111] ajoute que les feuilles couper mis dans le noir, deviennent infester, dans le cas ou en lui ajoute des carbohydrate caractéristique des plantes malades. Ce changement de métabolisme, produit dans le début de l'infestation (premier stade du parasite) induit l'inhibition du développement du parasite.

Le dioxyde de carbone Vient s'ajouter avec la lumière, en tant que facteur intermédiaire facilitant l'assimilation des sucres d'où l'infestation. Pour WARD [110], l'infestation produite dans le noir est ralentie et parfois stoppée, même en présence de carbohydrate. Il conclue que le développement du parasite a besoin comme intermédiaire, l'instabilité de l'assimilation du dioxyde de carbone (élément produit dans la lumière).

D'après ce qui a été dit, il est possible d'assurer que l'existence de substances spécifiques associées à la chlorophylle et synthétisées dans la lumière, essentielle pour le développement du parasite, ayant la particularité d'être instable, vu qu'ils disparaissent dans le noir [92].

CUTTER [112], considère que l'ester phosphate, peut être un tel composé. Les recherches de STOK (1913), ont montré que le parasite obligatoire ne peut pas synthétiser l'ester phosphate à partir des sucres et des phosphates inorganiques. Tout ester-phosphate formé pendant la photosynthèse, chute rapidement dans les tissus morts et les extraits de plantes. CUTTER [112], ajoute que cette hypothèse peut être la raison de la non réussite d'élevage de parasite obligatoire à partir d'extrait de plantes.

La différence entre le métabolisme des parasites facultatives et celui des parasites obligatoires, est due en particulier à l'incapacité des parasites obligatoires synthétiser l'élément intermédiaire essentiel pour la phosphorylation des carbohydrates (incompétence de leur système enzymatique) [112]. Cette importance du système enzymatique, est considérée comme le plus important facteur, déterminant la susceptibilité de la plante aux parasites obligatoires.

### 2.1.3. Rôle des composés allélochimiques d'origine azotées

Les composés azotes variés et répandus dans le règne végétal peuvent avoir un rôle dans le métabolisme de l'azote comme dans la défense des végétaux qui les produisent. Ils sont complémentaires des composés de défense non azotes de type terpénique et phénoliques [93].

Très nombreux et diversifiés, les métabolites secondaires azotes de défense ont pour point commun de dériver d'acides aminés protéiques ou non. On distingue les alcaloïdes, les composés cyanogène, les glucosinolate et les acides amines non protéiques eux-mêmes.

Associé à des **sucres**, l'**azote** peut se transformer en un violent poison métabolique nommé les **glucosides cyanogénétiques**, inhibiteur de plusieurs

enzymes et exerçant un effet toxique surtout en se fixant sur la cytochrome oxydase mitochondriale entraînant ainsi un blocage de la respiration cellulaire[93].

### 2.1.3.1. Les composés cyanogènes

Dans la plante, les glucosides seraient-ils de simples déchets métaboliques, des substances sémi-chimiques ou des réserves de carbone et d'azote pour les biosynthèses organiques?

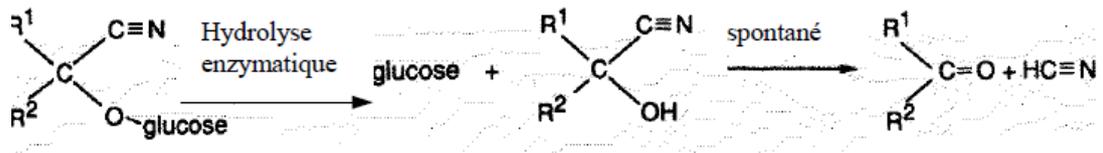
A nos jours, la première hypothèse est rejetée; on n'observe pas en milieu clos de rejet d'HCN lorsque la teneur en cet élément dans la plante diminue [113].

Après une série d'expériences sur des plantes cyanogènes, BERNAYS *et al.* [87], montrent que le refus des feuilles turgescentes par les insectes est lié à leur aptitude à libérer très rapidement (dans les secondes suivant la morsure) de grande quantité d'HCN. Ce qui est en dépit de la présence de glucosides en leur sein, chose qui ne semblent pas pouvoir se réaliser chez les feuilles flétries. Ainsi, l'attaque d'un plant par un nombre important d'insectes (morsures répétées liées à des tentatives de prise de nourriture) provoque un fanage des feuilles qui entraîne une diminution de la libération d'HCN outre, que pendant la saison sèche [85]

BERNAYS *et al.* [87], en concluent que les glucosides cyanogénétiques pourraient être considérés comme des substances allomones. La libération de l'HCN lors de la destruction des tissus de la plante conférerait à celle-ci une résistance aux attaques des déprédateurs

Probablement toutes les plantes ont la possibilité de synthétiser des cyanoglucosides, mais la plupart ne les stockent pas [86]. Stockés dans les vacuoles, ces composés peuvent être hydrolysés enzymatiquement lors d'une blessure du tissu végétal et du toxique est alors relâché (figure 2.14) [114].

Ces composés montrent l'intérêt d'une « arme binaire » par la compartimentalisation du composé de défense stocké sous forme inactive d'une part et de son régulateur (glucosidase) stocké d'autre part.



**Figure 2.14: dégradation des glucosides cyanogènes [114].**

Le plus connu des cyanoglucosides est l'amygdaline (dérive de la phénylalanine) responsable de la toxicité des grains de nombreuses rosacées notamment dans le laurier-cerise (*Prunus laurocerasus* L. Rosaceae) [115]. A l'exception des graines sèches de certaines variétés douces, les glucosides cyanogénétiques sont présents dans toutes les parties de la plante. En général, les tubercules ayant une teneur en glucoside très élevée (> 200 µg d'HCN par g de matière fraîche) ont un goût amer (variétés amères) alors que les tubercules ayant une teneur en glucoside peu élevée «50 µg d'HCN par g de matière fraîche) ont un goût doux (variétés douces) [116].

La concentration des cyanoglucosides dans la plante varie énormément selon l'âge, la variété, l'organe, les conditions de croissance [117].

Les feuilles, siège principale de la synthèse, présentent les teneurs les plus élevées en glucosides cyanogénétiques [118]. Les teneurs en HCN sont plus fortes dans les feuilles jeunes. Cependant entre les lobes d'une même feuille, les concentrations en HCN ne sont pas significativement différentes [119]. Les teneurs en HCN sont sous l'influence de divers facteurs: génétiques, culturels et climatiques [116].

En fin, en plus d'un rôle probable dans le métabolisme général de l'azote, ces composés jouent un rôle important de défense contre les herbivores et les pathogènes [120]. L'HCN amer, est en effet un antiappétant efficace contre divers insectes [121].

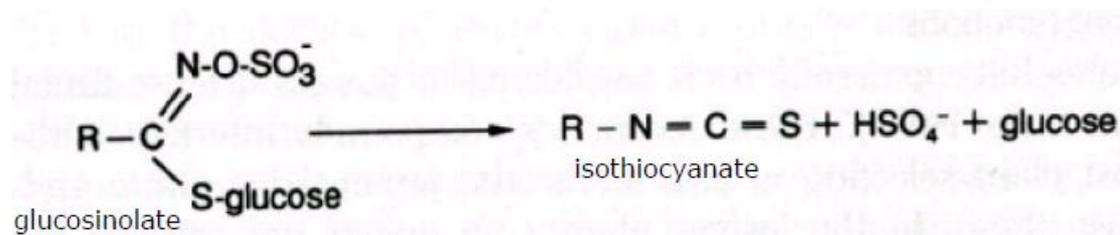
Plutôt, les sucres cyanogènes pourraient constituer un apport glucidique important pour l'insecte. Cependant l'existence de systèmes de détoxification a été révélée [122 ; 123]. À ce propos quelques hypothèses peuvent être émises:

1 - soit, l'HCN ne *diffuse* pas à travers l'intestin. Ce qui est très peu probable suit au faible poids moléculaire de cet élément.

2 - soit après diffusion à travers l'intestin, l'HCN est neutralisé par le système de détoxification de l'insecte. D'une manière générale. On admet que chez les insectes l'HCN est éliminé après transformation en Thiocyanate sous l'action d'une enzyme mitochondriale : la Rhodanèse [124].

### 2.1.3.2. Les glucosinolate

Les Glucosinolate responsable du gout acre, sont impliqués dans les relations plante-insectes. Synthétisés a partir d'un petit nombre d'acide aminés, ils sont présents essentiellement chez les capparales dont principalement les crucifères et **les rosacées**, [125].



**Figure 2.15 : Hydrolyse des glucosinolates [125].**

LOUDA et MOLE [125], ajoute que la concentration et le profil des glucosinolate varie en dépend de nombreux facteurs comme **la teneur en azote** ou en sulfate du sol, la luminosité, Et selon les organes de la plante considérés. Elle est 10 fois plus forte dans les graines que dans les tissus végétatifs.

Ainsi les dommages induits par les herbivores induisent une augmentation de cette concentration, afin, probablement, d'éviter de nouvelles attaques [126]. Les glucosinolates affectent le développement larvaire, la métamorphose et la prise alimentaire de nombreux insectes [127].leur action se situe en deux niveaux : ils repoussent l'insecte par leur odeur (phase de pré- ingestion) et exerce une activité toxique (phase de poste- ingestion) [93].

Toutefois, certains insectes se sont spécialisés et détournent les produits de dégradation des glycosinolates [128]. Ils utilisent ces composés pour localiser leur plante hôte, les glycosinolates peuvent alors agir comme phagostimulant [129].

#### 2.1.3.3. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des bases organiques, présents dans toutes les classes d'organismes vivants mais provenant pour la plupart de plantes supérieures [130]. La majorité des alcaloïdes dériveraient des acides tryptophanes, tyrosine, lysine, histidine et ornithine par des voies de biosynthèse longues, complexes et coûteuses en énergie [93].

Ils mimet les sucres structurellement. Ils inhibent les métabolismes des sucres et sont d'efficace antiappétants pour divers insectes [131]. En plus d'inhiber certaines glucosidases, les alcaloïdes polyhydroxyles interfèrent avec la biosynthèse des glycoprotéines intracellulaires [132].

#### 2.1.3.4. Les acides aminés non protéiques

Si leur fonction biochimique fondamentale dans la plante reste encore à préciser, notamment comme réserve d'azote des graines utilisées au début de germination [133 ; 134], le rôle des AANP dans la défense est bien reconnu. De nombreux AANP de plantes sont toxiques pour les vertébrés, invertébrés, plantes supérieures et microorganismes [133]. Analogues des acides aminés protéiques, ils sont parfois incorporés dans les protéines rendues ainsi non fonctionnelles, ce qui peut entraîner la mort de l'individu exposé [134].

### 2.2. Constance ou variation des informations sémiochimiques et allélochimiques des plantes hôtes (prunier, cerisier)

D'une manière générale, la plupart des informations physiques (forme, couleur, architecture, texture...) sont relativement constantes pour un stade de développement donné, les informations chimiques sont beaucoup plus variables. En particulier pour les sémiochimiques issus du métabolisme secondaire, de nombreux travaux relatent une modification des arômes végétaux, ainsi que des molécules sapides, en fonction de l'heure de la journée, de la saison, du stade de

développement de la plante, de l'état d'alimentation hydrique de la plante, de la qualité du sol, de l'exposition de ses organes au soleil, de l'âge de la plante. Si l'information des plantes varie, sa pertinence pour l'insecte ne peut être maintenue que si celui-ci possède un système nerveux de détection et d'intégration centrale suffisamment adaptable. Les comportements engendrés doivent, pour garder leur efficacité, permettre de répondre à ces variations [135].

**Pour assurer une meilleure protection pour nos rosacées à noyaux (prunier, cerisier), inféodés au bupreste noir, il faut bien connaître leur besoins, et leurs exigences vis-à-vis de leur environnement, afin de leur permettre une autodéfense basée sur leurs composés allélochimiques, permettant ainsi un meilleur respect de l'écosystème.**

#### 2.2.1. Généralités sur les plantes hôtes

Le prunier est un fruit d'été et de début d'automne [136]. De par le monde, il existe de nombreuses espèces de pruniers dont certaines semblent à l'origine des variétés cultivées, d'où on peut citer : *Prunus cerasifera* et *Prunus domestica* L.

L'origine du cerisier est assez confuse [137]. D'après SCHI BAUX [138], le cerisier comprend des variétés de deux espèces voisines, mais d'origine différentes rattachant les uns au genre prunier et les autres au genre cerisier

Le prunier et le cerisier comme tout arbre fruitier, leur développement se déroule sur plusieurs années: quinze à trente ans ou plus.

BRETAUDEAU et FAURE [137], décrivent les différents stades (Figure 2.16 et 2.17):

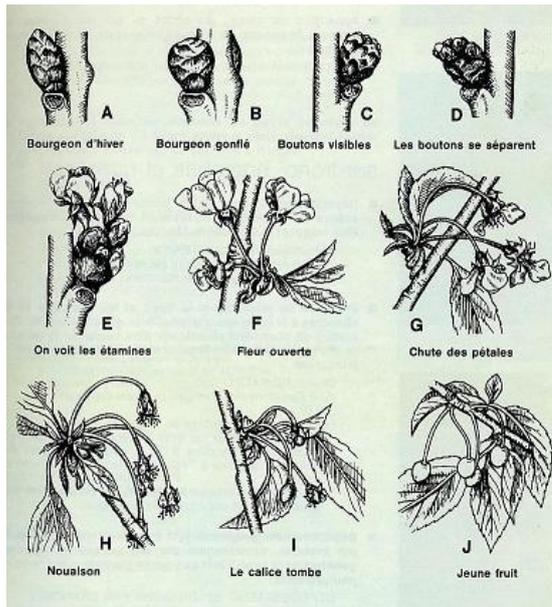


Figure 2.16: Stades repaire du cerisier [139].

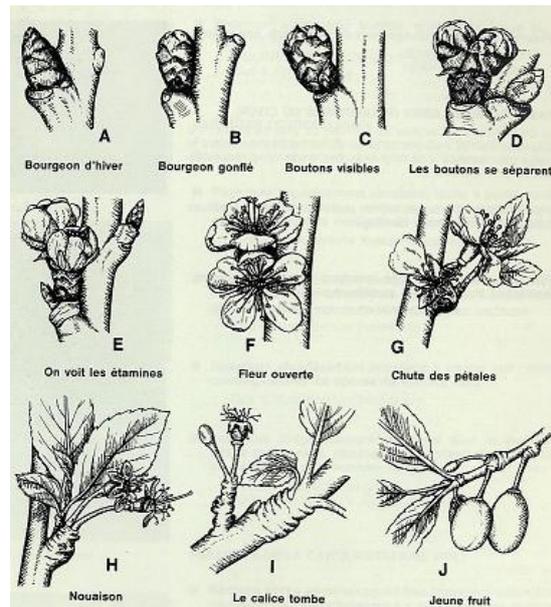


Figure 2.17 : Stades repaire du prunier [139].

## 2.2.2. Exigence agro climatique des plantes hôtes

### 2.2.2.1. Prunier :

#### 2.2.2.1.1. Climat

Considéré comme un arbre rustique, le prunier résiste au froid de l'hiver et croit en tous lieux [136]. BRETAUDEAU et FAURE [137], confirme que même dans les cas de gelées printanières, son abondante floraison lui assure presque toujours une fructification suffisante.

D'après [140], deux sous-genres du genre prunus sont bien adaptés en Algérie

- *Prunus domestica* L. (européen), la plus part des variétés ont besoin d'un repos végétatif d'au moins 800 heures, elles sont à cultiver en altitude entre 500 et 1000 mètres.

- *Prunus salicina* Lindl, la plupart des variétés ont besoin au maximum de 700 heures de repos végétatif. Elles sont bien adaptées dans les plaines littorales, voir sur la côte. En altitude, leur floraison précoce exige des coteaux bien exposés.

Le prunier est peu exigeant en eau. Les variétés précoces mûrissent en juin, se contentent d'une pluviométrie moyenne de 400 mm/an. Celle mûrissant en juillet nécessite au minimum 500 mm de pluie. A l'irrigation les variétés tardives demandent un appoint de 1500 à 2000 m<sup>3</sup>/H apportée en 3 fois [140].

#### 2.2.2.1.2. Le sol

Le prunier est le moins exigeant de tout nos arbres fruitier il prospère dans une large gamme de sol, de préférence profond bien drainé craint les sols légers, ainsi que les sols secs très limoneux et sable très fin (pH en dessous de 6) [137]. Il supporte jusqu'à 10% de calcaire actif au delà il y a risque de chlorose [136]. Et tolère une salinité de 2 à 4 % en sol lourd, au-delà de cette fourchette la floraison coule, et l'arbre gommose fortement [140].

BRETAUDEAU et FAURE [137], ajoute que son système racinaire traçant lui permet différentes adaptations mais ce sont les sols argilo calcaire qui lui conviennent le mieux; en outre la résistance à l'asphyxie racinaire dépend de la nature du porte greffe.

#### 2.2.2.1.3. Fumure

Bien que peu exigeant, le prunier réclame une fumure de fond à la plantation et des fumures d'entretien au cours des années à venir [137] (Tableau 2.1).

**Tableau 2.1: Calendrier d'apport de fumure en Algérie [140].**

<b>Elément</b>	<b>0-3 ans</b>	<b>4-10 ans</b>	<b>11 ans et +, fumure constante</b>
Fumier	10 Kg	50 Kg tous les 2 ans	50 Kg tous les 2 ans
N	0,06 Kg	0,04Kg	0,40 Kg
P	0,05 Kg	0,06Kg	0,80kg
K	0,10 Kg	0,06kg	0,80kg

#### 2.2.2.1.4. Porte greffe

C'est du choix du porte greffe que dépend la réussite et l'avenir de la plantation, il conditionne le rendement futur, la précocité et la longévité de l'arbre. Les portes greffes mal adaptés provoquent les dépérissements et augmentent la mortalité [150].

En Algérie, les Porte greffes préconisés pour le prunier sont [140] :

- **Prunier Myrobolan (*Prunus ecrasifera*)**, ce porte greffe est très bien adapté aux sols de l'Algérie. Il est tolérant au sel et au  $\text{CO}_3\text{Ca}$ . Il est sensible au capnode et a tendance à drageonner.
- **Prunier saint julien (*P .institia*)**, ce porte-greffe rustique convient à la culture en sec dans les sols argilo-calcaires.

- **Prunier marlana**, seules les sélections reproduites végétativement doivent être cultivées en culture irriguée.
- **Prunier de Damas**, cette sous espèce du prunier St Julien, fournit des associations très fertiles, de mise à fruits rapide et de bonne longévité.
- **Amandier**, Il est employé pour les cultures en sec soit directement soit avec le pêcher comme intermédiaire.
- **Pêcher**, Il est le porte-greffe des sols sablo-limoneux bien drainés. La mise à fruits est très précoce et la fertilité prodigieuse.
- **Abricotier**, Il est le porte-greffe des régions présahariennes.

#### 2.2.2.2. Cerisier

##### 2.2.2.2.1. Climat

Le cerisier figure parmi les essences fruitières les plus rustiques [136]. En montagne croit et fructifie jusqu'à 700-800 mètres d'altitude. Il exige beaucoup de lumière ; plantée à des expositions bien ensoleillée et bénéficiant d'un bon éclairage [137].

Selon SHEPARD *in* [136], le cerisier résiste aux grands froids de l'hiver, le griottier supporte des températures voisines de 30° C. En revanche les dégâts sur racines ont été mis en évidence à -11°C pour le Merisier, à -15°C pour le sainte – Lucie. Les gelées printanières limitent la culture des cerisiers en absence de lutte antigel.

Son aire culturale optimale en Algérie se situe sur les versants Nord entre les altitudes de 500 m et 900 m au dessus, le cerisier est soumis aux aléas du gel. Lors de la floraison, le feuillage est sensible aux vents chauds, en exposition Sud et Est les feuilles sont grillées en été [140].

Pour bien fructifier, le cerisier a besoin d'une pluviométrie moyenne annuelle de 750 à 800 m. Les exigences en eau sont importantes de la nouaison à un mois avant la récolte, et en Août – Septembre. En effet pour permettre une bonne mise à fruits l'année suivante, les yeux à bois doivent être bien alimentée en Août –septembre [140].

#### 2.2.2.2. Le sol

Les sols qui conviennent le mieux aux cerisiers sont les sols silico-argileux ou silico-limoneux, légers, profonds, et perméables; en fait le cerisier peut être cultivé dans une large gamme de texture. Il redoute les sols lourds compacts, battant à tendance hydro morphe, car il se montre extrêmement sensible à l'asphyxie radiculaire [136].

Toutefois les types de porte greffe permettent de l'adapter dans des sols marginaux quelque peu calcaire (prunus Mahaleb : sainte Lucie) [140]; ou moyennement compact [136].

#### 2.2.2.3. Fumure

Tout comme le prunier, le cerisier réclame une fumure de fond à la plantation et des fumures d'entretien au cours des années à venir [137] (Tableau 2.4).

**Tableau 2.2 : Calendrier d'apport de fumure en Algérie [140].**

Elément	Dose par arbre (en unité fertilisante)		
	1 à 5 ans	6 à 10 ans	Plus de 10 (Fumure constante)
Fumier	10 Kg	50 Kg tous les 2 ans	50 kg tous les 2 ans
Azote	0,050 Kg	0,175 Kg	0,250 Kg
Acide phosphopotassique	0,100 Kg	0,300 Kg	0,400 Kg

#### 2.2.2.2.4. Porte greffe

En Algérie les portes greffes les plus utilisés sont [140] :

- **Merisiers**, bonne affinité avec ses descendants botanique : Bigarreau et Guine. Il confère une forte végétation au greffon d'où ces exigences en eau.
- **Sainte-Lucie (ou Mahaleb)**, c'est le porte-greffe des sols calcaires, caillouteux et secs. Les fruits obtenus sont plus précoces plus gros et plus sucrés.
- **Griottier**, Il convient dans les sols de consistances quelque peu lourdes. Il est plus résistant à la sécheresse que le Merisier.

#### 2.2.3. Facteurs affectant les composés nutritifs et sémiochimiques

##### 2.2.3.1. Effet espèce variété

JAYARAJ [12], cité par CHABOUSSOU [2], estime que les variétés résistantes ont tendance à repousser les déprédateurs à cause de leur infériorité nutritionnelle, comme l'indique leur bas niveau d'azote total et du contenu en acides aminés et en peptides. C'est donc une carence en éléments nutritionnels qui se trouve à l'origine de la dissuasion de l'agression.

Corrélativement, d'ailleurs, la variété résistante contient d'avantage de sucres que les variétés susceptibles ou tolérantes. Ainsi ces dernières renferment, respectivement 113.5 % et 42.3 % de plus d'azote total que la variété résistante. Les variétés susceptibles et tolérantes montrèrent par ailleurs 12 et 7 fois plus d'acides aminés libres que les résistantes

##### 2.2.3.2. Effet de la nutrition de la plante hôte

Plusieurs recherches confirment parfaitement l'influence de l'état physiologique de la plante sur sa sensibilité vis-à-vis de ses parasites. CRANE et STEWART [151] ont, en effet, montré que l'influence de la nutrition de la plante « la fertilisation » sur la composition biochimique des tissus, qui est un élément clé de susceptibilité de la plante vis-à-vis des déprédateurs. En effet la fertilisation

chimique est une option viable pour augmenter la productivité mais en parallèle augmente le risque d'installation ou l'attaque des bioagresseurs

Une fertilisation déséquilibrée, notamment les carences en oligo-éléments et les excès d'engrais azotés, perturbent la synthèse des protéines à l'intérieur de la plante. Les substances solubles qui servent de matériau à cette synthèse s'accumulent alors dans les tissus et constituent une nourriture de choix pour les parasites. Waring et Cobb [152], ajoutent qu'une fertilisation azotée favorise généralement les populations d'insectes herbivores, Comme ceux qui réagissent positivement à l'accroissement de vigueur de leur plante hôte [153].

L'utilisation d'engrais peut entraîner une augmentation de la fréquence des attaques pouvant aller jusqu'à 30 %, suivant le niveau de fertilisation. [154].

#### 2.2.3.3. Influence de porte – greffe

Chez les arbres fruitiers, le porte-greffe assure, par son système d'ancrage, de stockage de réserves et d'absorption hydrominérale. Il agit et fonctionne en interaction avec la partie aérienne (cultiver), en lui permettant de s'adapter à certaines conditions pédoclimatiques de culture. De ces faits le succès d'une plantation dépend largement d'un choix judicieux de l'association « variété/porte-greffe » [155].

On peut utilement prolonger la vie des arbres à l'aide de soins, mais ses mesures ne donnent leur plein effet que si les porte-greffes sont bien adaptés aux conditions du milieu [156].

ROSELLA E. [156], rajoute que l'action du capnode semble en effet facilité par les conditions défavorable de végétation consécutives a un mauvais choix du porte-greffe.

En Algérie, ces observations ont amené à mettre en garde les producteurs contre le Ste Lucie pour les terres lourdes et humides, et a préconiser du merisier, voir du griottier [157].

Il est difficile de classer les arbres suivants leur résistance au capnode, mais il serait bon de connaître la résistance relative des différents porte-greffes au capnode. Ainsi, LAGAUDE [158], produit une classification ci-dessous établie au Maroc :

Arbres attaqués :

Pruniers japonais et commun.....42%

Cerisier.....34%

Abricotier .....12%

Pêcher.....9%

Amandier, Pommier, et poirier.....3%

#### 2.2.3.4. Âge de l'arbre

**La valeur nutritive et les profils allélochimiques du feuillage varient selon l'âge des arbres. Le feuillage des jeunes plantes possède un faible ratio N/Tanins et une forte concentration en monoterpènes comparativement au feuillage des plantes âgées. Ces différences entraînent une augmentation de mortalité, une diminution du poids, et une prolongation du temps de développement larvaire pour les déprédateurs [161;162].**

**Les plantes les plus vertes (à un stade physiologique moins avancé), sont les plus propices à recevoir des pontes par contre les jeunes plants, ne stimulent pas l'oviposition des insectes, ce qui suppose que la plante ne produit pas la substance au début de sa croissance [163].**

#### 2.2.3.5. Traitement chimique

Différent travaux ont parfaitement montré que ces proliférations résultent principalement d'une augmentation du potentiel biotique des animaux nourris du feuillage traité (majoration de fécondité, de

longévité, de fertilité, du nombre des femelle par rapport aux males [162].

CORBAZ [163], indique que l'utilisation des pesticides peut avoir des effets sur la plante hôte, en modifiant les concentrations de certains éléments induisant des augmentations de la fécondité et un raccourcissement du cycle évolutif. Ce qui sensibilise la plante vis-à-vis aux développements des maladies cryptogamiques et la multiplication de ravageurs animaux.

Selon CHABOUSSOU [164], certains produits chimiques parviennent à provoquer dans la plante traitée des modifications biochimiques qui la rendent plus exposée au développement des populations du ravageur, D'après CORBAZ [163], les Déthiocarbamates peuvent modifier les réactions de la plante par l'augmentation des exsudats à la surface des feuilles et dans la rhizosphère. D'où une attraction primaire d'insectes ravageurs, et une stimulation de croissance mycélienne sur les jeunes racines.

MARIANE [165] et SHARMA [166] cité par CHABOUSSOU [2], signalent que beaucoup de pesticides et en particulier les herbicides tels que 2-4 D, Ionxyl, Chlorophane, Propanil, inhibent la protéosynthèse qui se répercute sur l'abaissement de la résistance de la plante vis-à-vis des maladies et des ravageurs. Ils avancent, qu'il est fort probable que les traitements herbicides puissent modifier la structure et les propriétés d'une protéine.

## CHAPITRE 3

### MATERIEL ET METHODES

#### 3.1. Introduction

Les cultures fruitières prennent une part importante dans la production agricole [167], Mais leur production a une tendance à diminuer ces derniers temps suite à de nombreux facteurs nuisant à leur bon développement, parmi lesquels, l'insuffisance de technicité, la mauvaise conduite des arbres fruitiers par les agriculteurs, ainsi que la présence permanente des maladies et des ravageurs.

Chez les arbres a noyaux, le capnode figure parmi les déprédateurs majeurs les plus dangereux mais aussi le plus mystérieux, suite a sa résistance face aux traitements phytosanitaires, ainsi qu'a son cycle biologique instable.

Par le biais de ses pièces buccaux (type broyeur), les larves entraînent presque invariablement la mort des sujets contaminées, ajouté à cela l'attaque des adultes qui défeuille parfois partiellement les arbres à noyau. De même, leur cycle biologique assez long leur permet d'exploiter leurs plantes-hôtes d'une manière maximale tout en répondant aux modifications de leur environnement [168], qui influence hautement la nature et la qualité d'exsudats (richesse en éléments soluble, notamment en produit soluble azotes) [169].

### 3.2. Présentation de la région d'étude

#### 3.2.1. Situation géographique

La wilaya de Médéa est située au cœur de l'Atlas Tellien, s'étend sur une superficie cadastrale de 8700 Km<sup>2</sup> [170]. Administrativement elle est limitée : au Nord par Blida, à l'Ouest par les wilayas de Ain Defla et Tissemsilt, à l'Est par la wilaya de Bouira et M'sila et au Sud par la wilaya de Djelfa. Géographiquement elle est Caractérisée par : une altitude élevée de 600 à 1200 m (figure 3. 18) [171].



**Figure 3.18 : Limites géographiques de Médéa.**

#### 3.2.2. Climatologie

Le climat est un élément important dans la vie de la plante. Son action s'exerce sur toutes les phases du développement.

##### 3.2.2.1. Température

La vie végétale se déroule entre les maxima et les minima thermiques. Tout développement agricole nécessite la croissance des contraintes thermiques qui peuvent exister dans une zone [172]. (Tableau 3.3).

**Tableau 3.3 : Les maxima et les minima thermiques de l'année 2009.**

Température en °C	janvier	février	mars	avril	Mai	juin	juillet	août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
<b>m</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>6</b>
<b>M</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>22</b>	<b>29</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>12</b>
<b>m+M/2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>9.5</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>28.5</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>9</b>

[172].

### 3.2.2.2. Pluviométrie

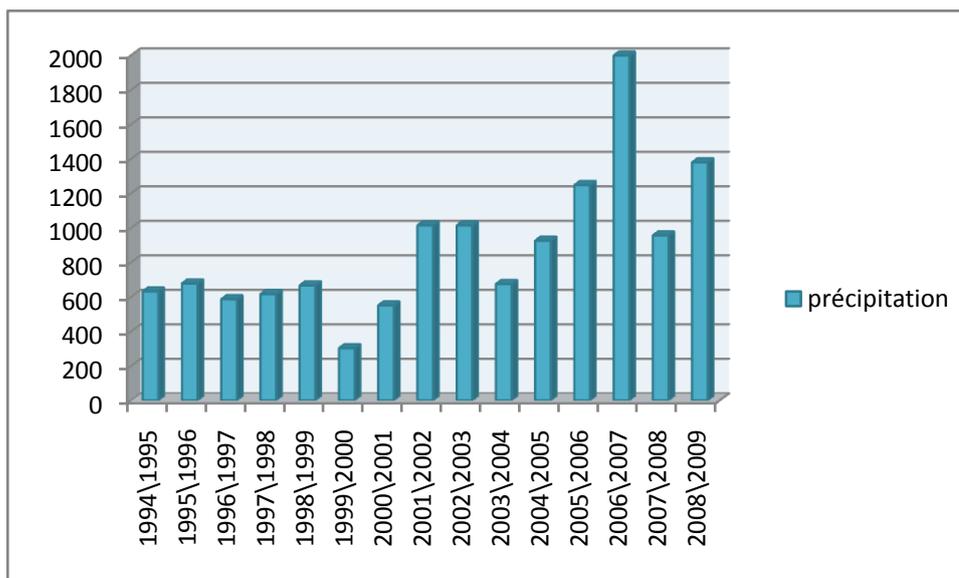
La croissance végétative des plantes est directement liée à l'humidité du sol pendant la période de croissance et de développement.

**Tableau 3.4 : Relevés pluviométriques en moyennes mensuelles de la dernière décennie (1999 - 2009)**

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	Oct.	Nov.	Dec.
<b>Précipitations (mm.)</b>	<b>140,04</b>	<b>110,08</b>	<b>108,64</b>	<b>105,56</b>	<b>69,57</b>	<b>6,61</b>	<b>5,77</b>	<b>10,19</b>	<b>61,10</b>	<b>72,14</b>	<b>133,85</b>	<b>151,62</b>

[172].

La pluviométrie de la wilaya est marquée par une grande irrégularité inter annuelle (Figure 3.19) et inter mensuelle (tableau 3.4). Les précipitations annuelles ont lieu durant l'hiver et le printemps, la sécheresse se manifeste en été et provoque un arrêt de la végétation.



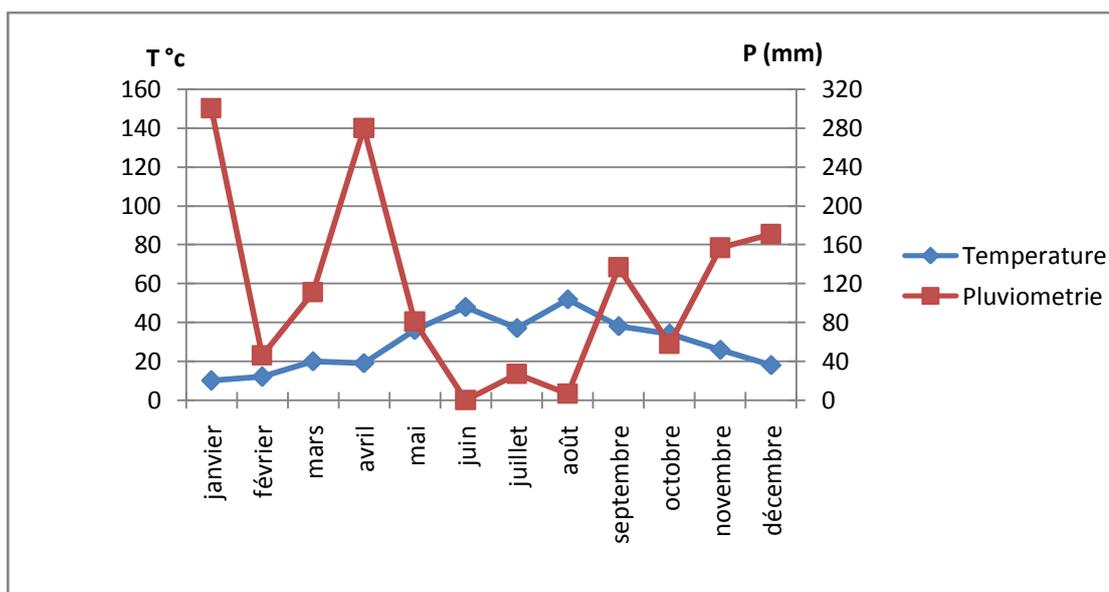
**Figure 3.19 : Diagramme des précipitations depuis 1994 jusqu'à 2009.**

### 3.2.3. Synthèse climatique

#### 3.2.3.1. Diagramme Ombrothermique BAGNOULS et GAUSSEN

Selon BAGNOULS et GAUSSEN cite par DAJOZ [173], le mois sec est défini par la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm), est inférieure ou double de la température de ce mois ( $P/2T$ ), exprimé par le **Diagramme ombrothermique** dont on juxtapose les précipitations et les températures.

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN, révèle la présence de deux saisons contrastées. Une saison froide correspond à la saison pluvieuse et une saison sèche correspond à la saison chaude. La saison froide assez longue, qui commence à la fin d'octobre et se prolonge jusqu'à début mai, alors que la saison chaude s'étalant du mois de mai jusqu'à octobre (Figure 3.20).



**Figure 3.20 : Diagramme ombrothermique BAGNOULS et GAUSSEN de l'année 2009 dans la région de Médéa.**

### 3.2.3.2. Climagramme d'EMBERGER

L'indice d'EMBERGER permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par STEWART [174], dont la formule et comme suite :

$$Q_2 = 3.43 [(P / (M - m))]$$

Où :

**P** : la pluviométrie annuelle (mm)

**M** : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

**m** : la moyenne des températures maximales du mois le plus froid.

La température moyenne minimale du mois le plus froid placée en abscisse et la valeur de coefficient pluviométrique  $Q_2$  placée en ordonnée, donne la localisation de la région d'étude dans le Climagramme. Avec un  $Q = 107,89$  la région d'étude se situe dans l'étage bioclimatique **SUB HUMIDE** (Figure 3.21).

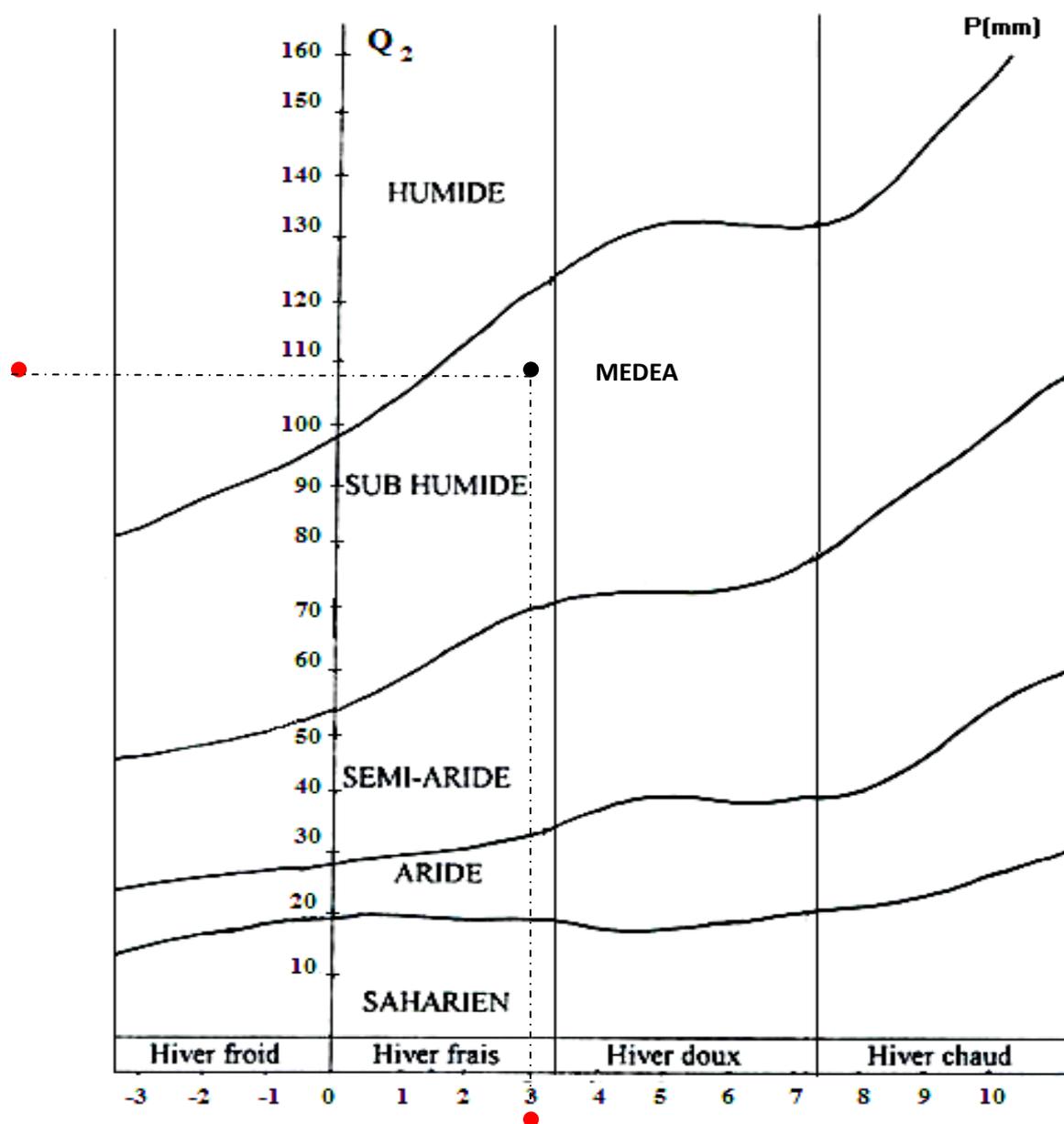


Figure 3.21: Localisation de la région de Médéa dans le Climagramme d'EMBERGER.

### 3.2.4. Présentation des zones d'étude

Le choix de notre étude s'est porté sur deux zones distinctes :

#### 3.2.4.1. Commune de Ben Chicao

La commune de Ben chicao se situe au 2° 51' de longitude est et 36° 12' de latitude nord, elle présente des altitudes atteignant parfois 1175 m, caractérise par des pentes de grandes lignes de crêtes formant ainsi plusieurs dépressions. Elle est limitée par : la commune de Ouzera au nord, la commune de Ouled-Brahim a l'est, Tizi el mahdi et Si Mahjoub a l'ouest et nord-ouest et Berrouaghia au sud.

Le type du sol de cette région diffère d'une zone a l'autre, généralement argilo limoneux ce qui favorise un bon développement des vers blancs [175].

Situer dans un lieu dit HAOUCH CHANAS, les deux parcelles étudiée comportant l'une une plantation de prunier et l'autre une plantation de cerisier, ayant été choisi au hasard, parmi 6 unités de parcelles découpées suivant la **nature de leur sol**. (Figure 2.22)

**planter en 2001**, ces rosacées a noyaux ont subit les mêmes conditions climatique, et les mêmes pratiques culturales, ayant quelque différences spécifiques a l'espèce (tableau 3.5). En 2009, des traitements ont été effectués dans la période printano-estivale, mais aucun n'a touché le capnode (*Capnodis tenebrionis*).

**Tableau 3.5 : présentation des spécificités de chaque espèce dans la région de Ben Chicao.**

Espèce	N° de parcelle	Superficie (ha)	Variété	Porte Greffe	Densité de plantation	Age de plantation
prunier	Unité 6	5 ha	Stanley	Amandier myrobolan	6 x6	8 ans
cerisier	Unité 3	14 ha	Bigarreaux burlat	Saint Lucie	8 x8	8 ans



**Figure 3. 22 : Localisation des champs expérimentés sur la première station d'étude (Ben Chicao).**

### 3.2.4.2. Commune d'El OMARIA

La commune d'El Omaria est située à 600 m d'altitude aux piémonts des collines délimitant une partie du bassin versant d'Oued El ADRAT. Elle est limitée : au sud par Oued Adhem, et la commune de Sidi-Naâmane au niveau de Ain-El-Bida, à l'ouest par les communes de Ouled Brahim, Oued El-Mahdi, Ouezra et El Hamdania, au nord par Oued Sidi-El-Hadj faisant limite avec la commune de Hammam Melouane, et à l'est par l'Oued El-Euch faisant limite avec les communes Sidi-Naâmane et Baâta [175].

Nos prélèvements dans cette région se sont déroulés chez un privé, possédant des terrains à vocation fruitière, dont des rosacées à pépins et à noyaux. Les trois parcelles échantillonnées sont individualisées par une superficie de 2 ha chacune. Collées l'une à l'autre, elles renferment des plantations de prunier, et de cerisier. (Figure 2.23)



**Figure 3.23 : Localisation de la deuxième station d'étude (El Omaria)**

Ayant les mêmes critères variétales et techniques que ceux de la région de Ben Chicao, les deux espèces de rosacées différentes de leur similaire dans leur âge, qui est de 5 ans pour le prunier et de 7 ans pour le cerisier, en plus du traitement contre le capnode, qui leurs avaient été consacré à la fin du printemps et début été, sans oublier l'arrachage des arbres endommagés.

### 3.3. Objectifs

Les écosystèmes évoluent tout en subissant des impacts environnementaux suite à des activités anthropiques. Les plantes et les insectes réagissent et s'adaptent à ces différentes perturbations qui les affectent.

L'objectif visé dans ce travail, est de mettre en évidence la différence qualitative par rapport au sucre et azote, entre les deux espèces de *Prunus* étudiées et voir leur influence en tant que supports alimentaires attractives sur le capnode, ainsi que leur traduction sur l'allocation des réserves énergétiques lipidiques des individus ainsi que sur l'évolution des différents stades larvaires. Voir ainsi la réaction chimique de la plante face à cette attaque.

Considéré comme support pour toute végétation, le sol semble avoir de l'effet sur la qualité nutritionnelle de l'arbre, ainsi que sur l'affinité de ponte de l'insecte d'où l'analyse physico-chimique effectuer, permettant ainsi de définir cette influence.

### 3.4. Principe

Le principe de cette expérimentation repose sur l'étude des différents facteurs pouvant /ou supposés influencer la biologie et les réponses métaboliques du bupreste noir

#### 3.4.1. Etude des facteurs édaphiques (sol)

Cette étude comprend les analyses physico-chimiques du sol prélevé dans chaque station, ainsi que le dosage granulométrique de chaque constituant.

#### 3.4.2. Etude des facteurs abiotiques

- **Climat** : suite à l'influence jugée significative de la température sur l'activité biologique du ravageur, ainsi que sur la qualité nutritive de la plante, il a été important de voir cet effet sur notre ravageur en question ainsi que sur la qualité biochimique de sa plante hôte.
- **Traitement** : Considéré comme un stress que l'insecte peut subir, ce facteur permet de mettre la lumière sur l'évolution des **réserves énergétiques**.
- **Fertilisation** : La fertilisation chimique est une option viable pour l'état physiologique de la plante, ainsi elle influence la sensibilité de cette dernière vis-à-vis de ces parasites.
- **Irrigation** : Un manque d'irrigation peut conduire la plante à un stress hydrique en modifiant sa balance hormonale, permettant ainsi l'attraction primaire du ravageur.

#### 3.4.3. Etude des facteurs biotiques

La plante source de nutrition fournit à un organisme (ravageurs et auxiliaires) les composés chimiques nécessaires qui sont convertis en réserves énergétiques d'une importance capitale dans la survie, le maintien, et la reproduction des insectes.

Donc la qualité de la plante hôte aura de l'influence sur l'évolution du ravageur, qui est traduite par une disponibilité ou non en réserves énergétiques. Dépendant ainsi de la nature nutritive des composés chimiques de la plante dont les sucres et l'azote.

- **Porte greffe** : La non affinité entre le porte greffe et le greffon ou encore entre le porte greffe et le sol, rend la plante plus vulnérable aux attaques et s'avère à l'origine du dépérissement précoce de l'arbre.
- **Espèces** : Il serait bon de connaître les composés chimiques des espèces à étudier, afin de pouvoir les classer entre hôte de préférence et hôte médiocre, chose qui permettra de donner l'ultime attention aux essences plus vulnérables.

En plus du traitement, tous ces paramètres suscités, peuvent exercer un stress sur l'insecte et la plante, en plus du stress que ses deux êtres peuvent s'exercer mutuellement l'un sur l'autre et ce qu'on appelle « relation plante – insecte » (tous ces paramètres sont cités de manière plus détaillée dans la partie bibliographique). Pour la mise en évidence de ces paramètres, des analyses ont été effectuées, voir :

- 1) Quantification des réserves énergétiques a été effectuée sur tous les stades biologique de l'insecte, pour les quelles le choix s'est porté sur **les lipides**.
- 2) Estimation de la croissance relative (conditionnement : poids, taille, largeur de la capsule céphalique) des individus de l'insecte en question.
- 3) Quantification des substances considérées comme éléments nutritives, et ayant un rôle dans la défense chimique de la plante (intervenant dans la synthèse de substances allélochimiques) (cellulose, hémicellulose, azote).
- 4) Estimation des caractères physico-chimiques des sols (structure, texture) dans chaque station d'étude, voir pour chaque espèce.

### 3.5. Méthodes d'étude

Suite a l'enquête réalisée au niveau de la région d'étude dans les localités de Ben Chicao et El Omara, l'étude s'est réaliser en deux parties (terrain, laboratoire), tout en prenant compte des objectifs traces.

Le matériel expérimental est représenté par :

1. Des échantillons de l'insecte ravageur (*Capnodis tenebrionis*) de **la larve à l'adulte**.
2. Des échantillons d'organe végétal ciblé par l'insecte, représenté par **le bois de racine** (l'aubier).
3. Des prélèvements de sol, échantillonné à proximité des plantes hôtes à profondeur de 60 cm.

Suivant les facteurs a étudiés, l'expérimentation c'est dérouler en deux parties, comme suit :

#### 3.5.1. Etude sur terrain

Nos prélèvements ainsi que les dénombrements des formes vivantes du capnode ont été réalisés durant la période expérimentale qui s'est étalé du mois de juillet 2009 jusqu'au mois de février 2010, soit 16 sortie sur le terrain dont au total 128 arbres prospectés comportant les symptômes externe signalant la présence du capnode, qui se traduisent sur terrain de différentes façons, selon que l'arbre est partiellement ou totalement miné :

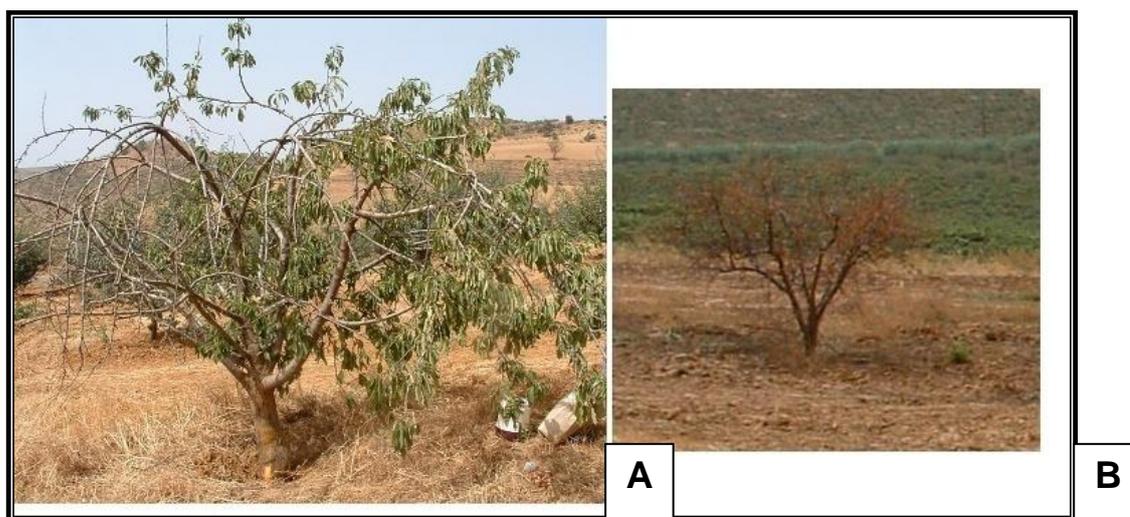
- **Partiellement miné** présentant (Figure 3.23 a) :
  - Des défoliations des extrémités des branchettes.
  - Quelques perforations au niveau des branches et des bourgeons.
  - Flétrissement du feuillage et un dessèchement partiel de l'arbre.
  - Exsudations gommeuses particulièrement au bas du tronc, parfois au niveau des perforations des branches.

- **Totalement miné** : Les arbres sont complètement morts (cas fréquents chez les jeunes arbres) (Figure 3.23 b) :

- Les symptômes interne visible au niveau des collets et des racines (0 cm jusqu'à 50 cm). Sous forme de galeries sinueuses, remplis d'une fine sciure marron indiquant la présence de larves, les galeries noirâtres indiquant la sortie de l'imago.

- Une fois l'arbre hôte détecté, il s'agit de creuser tout autour du collet jusqu'aux racines, puis à l'aide d'un marteau et d'un burin, enlever l'écorce et découvrir les racines avec une grande attention pour ne pas abîmer les parasites une fois, en présence de celui-ci, il s'agit de le ramasser avec toute l'attention voulu, tantôt à la main, tantôt à l'aide d'une pince à préhension

Le matériel végétal recueilli est mis dans des sacs en plastique étiquetés (date, variété et lieu du prélèvement) et sera ultérieurement analysé.



**Figure 3.24: Figure d'arbre partiellement et totalement miné (A, B) (personnel, 2005).**

### 3.5.2. Au laboratoire

#### 3.5.2.1. Mode d'extraction et de dosage des réserves énergétiques lipidiques de *Capnodis tenebrionis*

L'extraction des lipides a été réalisée selon la méthode de VAN BRUMMELEN et SUIJFZAND [176]. Après avoir pris de la matière organique

animale a partir des individus capnode de chaque stade larvaire, adulte et nymphe y compris, ils sont introduites dans des tubes eppendorf, ou ils vont subir l'extraction des lipides comme suit :

- 400µl de mélange monophasique sont ajoutés dans les tubes eppendorf pour but d'homogénéisation.
- Les tubes sont mis à centrifuger 5 min à 14000 tours/min;
- Ajouter 1ml de chloroforme dans chaque tube, les agiter à la main 1 minute;
- Les lipides sont ainsi extraits de manière liquide-liquide avec 3 fois 1ml de chloroforme + agitation à la main 1 minute ;
  
- Poser les tubes et attendre que l'extrait se sépare en deux phases bien visibles : la phase contenant les lipides dans le chloroforme se trouvant au fond des tubes ;
- Récupérer ces 3 fois 1ml de chloroforme avec une pipette pasteur et les mettre en commun à sécher sur sulfate de sodium ;
- Le sulfate de sodium est ensuite rincé avec 4 fois 1ml de chloroforme ;
- Le chloroforme est mit à évaporer sous flux d'azote ;
- Les résidus de chaque tube sont détruits par l'adjonction de 300µl d'Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) et par chauffage du tube pendant 10 min à 100°C ;
- Les tubes sont mis à refroidir jusqu'à ce qu'ils atteignent la température ambiante;
- Rajouter 2,5ml de la solution de vanilline dans chaque tube puis les secouer manuellement;
- Remplir les cuves spectrophotométrie avec ces solutions et mesurer la D.O. à 540nm au bout de 10 minutes.

Pour la préparation de la courbe standard nous avons procédé comme suite :

- On prépare une solution mère de cholestérol à 0,1mg/ml: 10mg de cholestérol sont dissous dans 100mlde chloroforme et conservé à 4°C dans une bouteille en verre brun de 100ml.

- Dans une bouteille en verre brun de 30ml, prendre 10ml de la solution mère de cholestérol, et rajouter 10ml de chloroforme afin d'obtenir une deuxième solution à 50µg /ml.
- Dans 6 tubes en verre, mettre respectivement les volumes indiqués dans la 1ère colonne du tableau n°5 de cette deuxième solution.
- Rajouter dans les 6 tubes 300µl d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Mettre à chauffer les tubes 10 minutes à 100°C
- Laisser refroidir les tubes jusqu'à ce qu'ils atteignent la température ambiante
- Rajouter dans chaque tube 2,5ml de la solution de vanilline et les secouer manuellement
- Remplir 6 cuves spectrophotométriques avec ces 6 tubes et mesurer la D.O. à 540 nm au bout de 10 mn (tableau 3.6.)

**Tableau 3. 6 : Détermination de la courbe standard de cholestérol [176].**

<b>Deuxième Solution (ml)</b>	<b>µg de cholestérol dans le volume pris et mis dans le tube en verre</b>	→ Pour chaque tube :  Evaporation du chloroforme sous flux d'azote	<b>Concentration du cholestérol (µg/ml) dans la solution finale de 2.8 ml (contenant l'acide sulfurique et la réactive vanilline)</b>
5.6	280	Puis adjonction de 300 µl d'acide sulfurique (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	100
2.8	140		50
1.4	70		25
0.7	35		12.5
0.35	17.5		6.25
0.175	8.75		Puis chauffage 10 min à 100°C

### 3.5.2.2. Distribution et croissance relative de *Capnodis tenebrionis*

A partir des individus prélevés, des mensurations ont été réalisées, à savoir : le poids, la longueur du corps ainsi que celle de la capsule céphalique, chose qui va nous permettre de visualiser l'évolution du bioagresseur en fonction du temps, du site, et de la plante hôte.

#### Distribution des fréquences de tailles

La structure de la population de *Capnodis tenebrionis* a été réalisée à partir d'une analyse modèle de distribution des fréquences de taille obtenues mensuellement pendant la période d'étude qui s'est étalée durant la période estivale et automnale, de juillet à février.

Les différents stades de l'espèce à savoir : larve, nymphe et adulte sont regroupés en classe de taille d'amplitude variable en fonction des individus et de site d'études.

Les mensurations de taille et de capsule céphalique étaient réalisées à l'aide du logiciel IMAGE TOOL, en plus des peses réalisées par une balance d'exactitude.

### 3.5.2.3. Extraction et dosage des principes actifs de l'aubier

#### 3.5.2.3.1. Extraction et dosage de l'azote

Le dosage de l'azote est réalisé par la méthode de KJELDHAL [177], qui consiste à introduire dans un matras l'échantillon végétal sec, de l'acide sulfurique concentré et le catalyseur. Les matras sont soumis à une température de 420 °C pour minéralisation. Dès l'apparition d'une solution limpide de la solution mère, on ajoute l'eau distillée pour dissoudre complètement les sulfates, puis on fait passer l'échantillon à la distillation.

L'azote libre est récupéré dans un Erlen Meyer contenant 50 ml de la solution indicatrice. La matière végétale est attaquée par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré puis mise à l'ébullition en présence de catalyseur, l'azote est transformé en (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. On distille avec un excès de soude et on titre l'ammoniac entraîné par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

La teneur en azote exprimé en pour cent est obtenue par la formule:

$$N\% = (0,0014 \cdot V \cdot 100)/M$$

Avec :

V : Le volume de la solution d'acide versée à la burette lors du titrage;

M : La masse en gramme de la prise d'essai.

#### 3.5.2.3.1. Extraction et dosage de la cellulose et d'hémicellulose

Pour l'extraction de la cellulose et des hémicelluloses, on a choisi le protocole de Chanda et *al.* [178]. Pour cela, 5g de résidu pariétal délignifié sont introduites dans un erlen contenant 100ml de NaOH à 4% et mis sous agitation pendant 14 heures.

Après filtration sur toile à blüter, le résidu est lavé avec de l'eau distillée puis avec l'acétone, ensuite séché à l'étuve à 60°C pendant 14 heures et enfin pesé. Cette partie représente la fraction cellulosique.

Les deux filtrats obtenus sont neutralisés par l'acide acétique pur, puis précipités dans l'éthanol (1V-3V) pendant 14 heures.

Après centrifugation à 3600t/min pendant 30 minutes, le culot est lavé par l'eau distillée puis par l'acétone, ensuite séché à l'étuve à 60°C pendant 14 heures et enfin pesé. Cette partie représente la fraction hémicellulosique.

#### 3.5.2.3.3. Analyse de sol

Ces analyses ont été faite dans un laboratoire prive dans lequel :

- La granulometrie a été réalisé a l'aide de pipette de ROBINSON ;
- Le calcaire total a été dosé par le calcimètre de BERNARD;
- Na, Ca, Mg et le Fer ont étaient doser par spectrophotométrie d'absorption atomique.

### 3.6. Analyse statistique des résultats

Tous les essais ont été répétés au moins trois fois, Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes, ces derniers ont été réalisés par le logiciel Excel.

#### 3.6.1.. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (classes de précipitations, classes d'altitude, type de végétation, présence-absence de mauvaises herbes, etc...), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution. Lorsque plus de 2 modalités interviennent par facteur, nous avons appliqué en outre le test de Tukey qui intervient après l'ANOVA. Il permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités. Si par exemple, il y a 3 classes de précipitations, on compare la variable entre les classes 1 et 2, puis 1 et 3, et enfin 2 et 3.

Dans les cas où aucune transformation ne parvient à normaliser la distribution, une analyse de variance en condition non paramétrique a été effectuée (test de Kruskal-Wallis).

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (GLM). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories.

#### 3.6.2. Corrélations-régressions (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 et Excel™)

Lorsque 2 variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient  $r$  de Pearson et en conditions non paramétriques, du coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de régression est calculée lorsque les

distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif.

Pour enlever l'effet d'une variable quantitative C corrélée à une variable d'intérêt V, on calcule l'équation de la droite de régression ( $y = ax + b$ ) puis les résidus de cette régression. Ces résidus sont calculés en retranchant les valeurs réelles ( $V_i$ ) de la variable d'intérêt aux valeurs prédites par l'équation de la droite. On a donc : Résidu (i) =  $V_i - (aC_i + b)$ .

### **3.6.3. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37,[179]).**

Dans le cas de variables de type présence-absence, ou de variables semi quantitatives (indice de recouvrement par exemple), on doit effectuer une A.F.C. (Analyse factorielle des Correspondances). La classification hiérarchique des facteurs lignes ou colonnes se fait en considérant les coordonnées sur premiers axes, de telle sorte qu'au moins 50 % de la variance cumulée soit observée. Deux mesures de distances ont été prises en compte : la distance euclidienne des points avec le logiciel PAST et le moment centroïde d'ordre 2 avec le logiciel GTABM [180]. L'agglomération est à lien simple.

Dans le cas de variables quantitatives issues de mesures, on effectue une ACP (Analyse en Composantes Principales). La classification hiérarchique se fait avec les mêmes conditions que dans le cas de l'A.F.C.

## CHAPITRE 4

### RESULTATS

Le facteur ALTITUDE n'avait pas d'influence sur le comportement du ravageur suite à sa grande plasticité, et ne figurera pas dans aucun résultat.

#### 4.1. Influence temporelle du support nourricier sur le conditionnement des différentes formes larvaires du *Capnodis tenebrionis*.

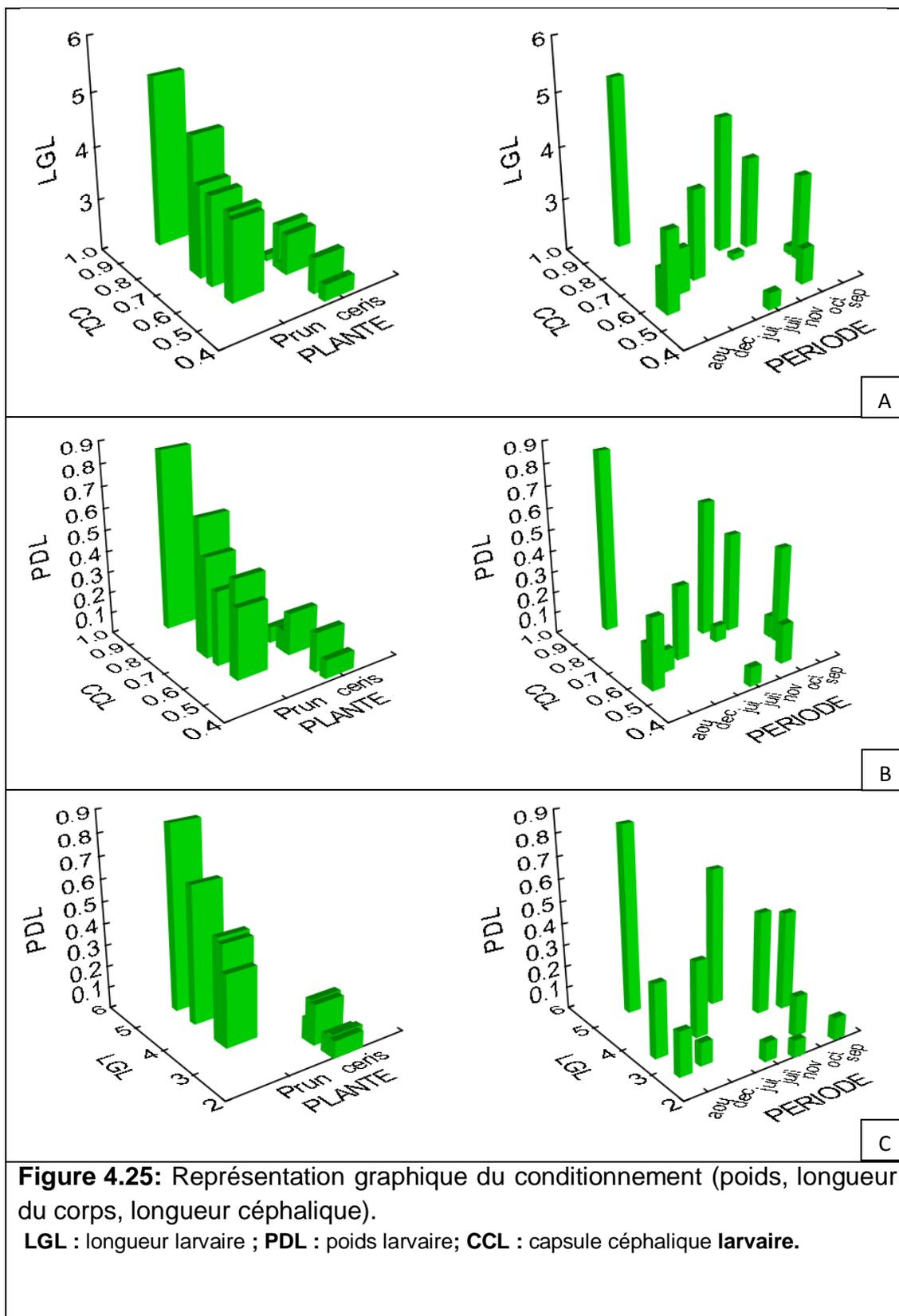
Nous avons étudié le conditionnement des larves du *Capnodis tenebrionis* évoluant sur le genre *Prunus*. L'étude des effets des variations saisonnières du support nourricier s'est faite à travers des mensurations qui ont touché la capsule céphalique, le poids larvaire et la longueur du corps **de tout individu confondus**.

Ci-après, une représentation globale des différentes mensurations du corps des individus capnode prélevés le long de la saison estivale et hivernale sur les deux espèces de prunus (prunier et cerisier).

La tendance des mesures paraît être influencée par la nature de la plante hôte, plutôt que par la saison de prélèvement (figure 4.25).

L'augmentation des mesures centésimales de la capsule céphalique engendre celle de la longueur du corps d'autant plus sur prunier que sur cerisier (figure A. 4.25). La même tendance s'affiche pour les mensurations pondérales, qui progressent positivement dans le même sens que la capsule céphalique (figure B.4.25).

La figure C.4.25, montre une croissance pondérale relative à la croissance en longueur larvaire, qui augmente d'une manière remarquable d'autant plus sur prunier que sur cerisier.



#### 4.2. Comparaisons des paramètres de conditionnement des différentes formes larvaires

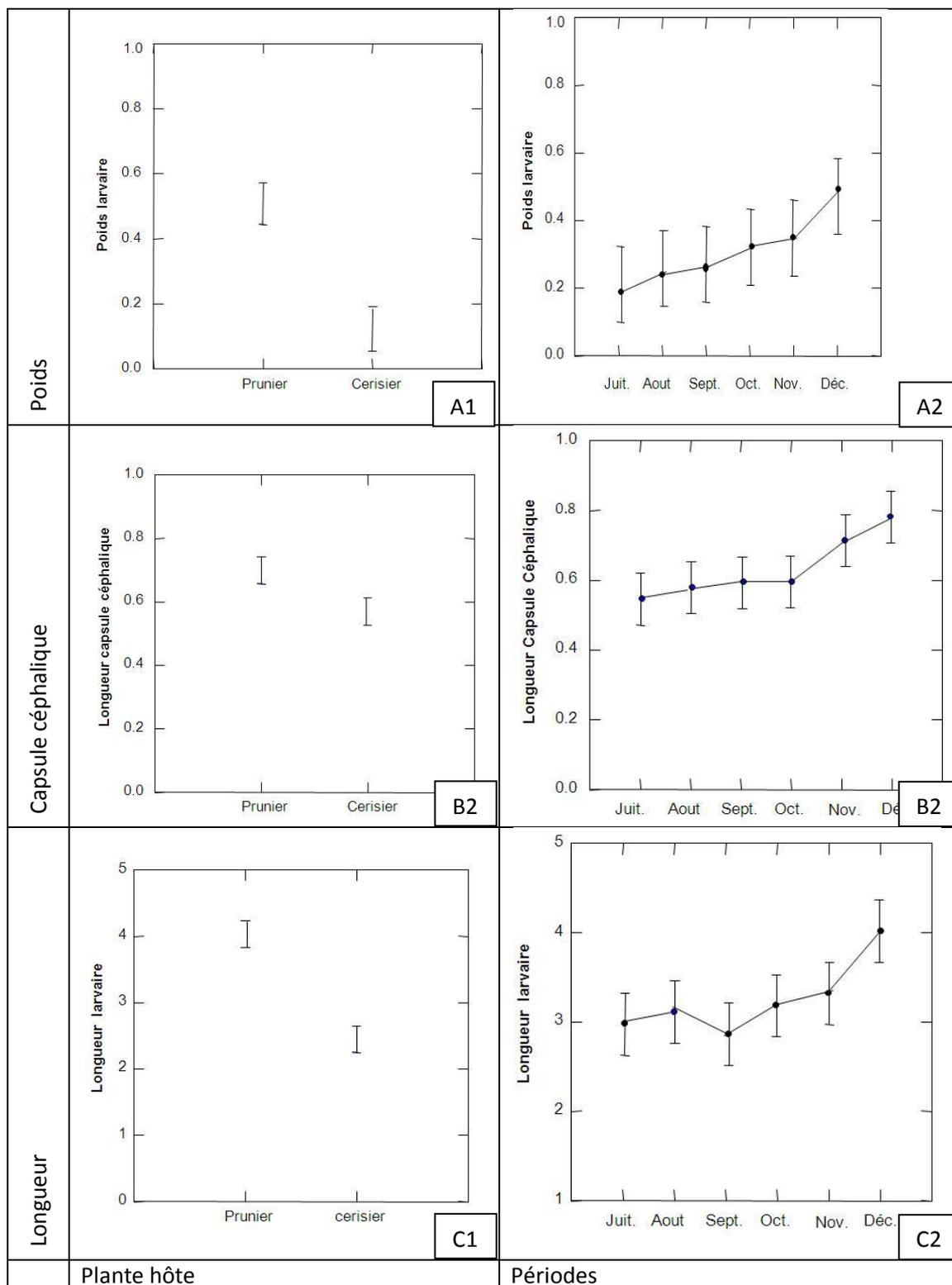
Nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), aux différentes formes larvaires de manière à étudier l'influence des plantes hôtes et de la saison. Ce modèle G.L.M. permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre facteurs, ce qui rend les statistiques robustes sachant que le nombre d'analyse est limité à 132 (tableau 4.7. et figure 4.26).

**Tableau 4.7 : Modèle G.L.M. appliqué aux différentes formes larvaires (N=132)**

	Facteurs	Somme des carrés	D.D.L.	Carrés moyens	F-ratio	P
Poids	Plantes	0,455	1	0,455	18.123	0,008
	Périodes	0,083	5	0,017	0.665	0,667
	Var. intra	0,126	5	0,025	-	-
Capsule céphalique	Plantes	0,051	1	0,051	4,672	0,083
	Périodes	0,084	5	0,017	1,529	0,326
	Var. intra	0,055	5	0,011	-	-
Longueur	Plantes	7,578	1	7,578	31,228	0,003
	Périodes	1,687	5	0,337	1.391	0,363
	Var. intra	1,213	5	0,243	-	-

Probabilité significative à 5 % ; Probabilité hautement significative à 1 % ; >5 % : non significative.

Le poids moyen des larves de *C. tenebrionis* évoluant sur prunier est significativement supérieur à celui de ceux évoluant sur cerisier ( $p=0,008$ ,  $p<5\%$ ) avec des variations non significatives concernant l'effet saisonnier ( $p=0,667$ ,  $p>5\%$ ). Il est intéressant de constater que la dimension céphalique présente une similitude entre les larves évoluant sur prunier et cerisier, bien qu'on peut constater une différence marginalement significative au profit des larves développées sur prunier ( $p=0,083$ ,  $p<5\%$ ).



**Figure 4.26** : Représentation graphique par G.L.M. de l'influence de la période et de l'espèce sur l'évolution du conditionnement larvaire.

La tendance évolutive saisonnière des mesures des capsules céphaliques ne présente aucune différence temporelle. La longueur larvaire affiche une différence significative par rapport à la nature de la plante hôte et contrairement à la

variabilité saisonnière qui se montre non significatif avec des probabilités respectives de ( $p=0,003$ ;  $p=0,36$ ,  $p<5\%$ ).

La représentation graphique du modèle G.L.M., montre nettement la différence pondérale des larves existantes par rapport à l'espèce hôte, avec le succès visible du prunier par rapport au cerisier (Figure A1.4.26).

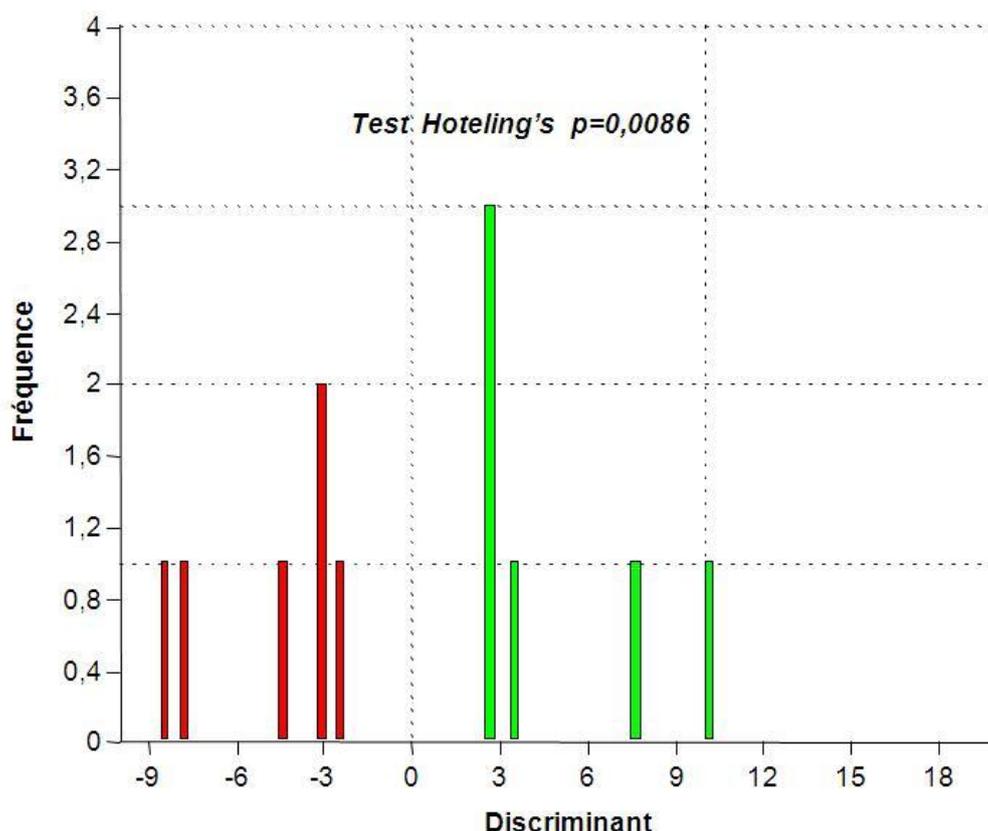
Cette différence pondérale se traduit ainsi dans le temps, où le pic s'affiche sur le mois de décembre (Figure A2.4.26).

Le développement de la capsule céphalique affiche une différence restreinte entre le prunier et le cerisier (Figure B1.4.26), mais augmente progressivement dans le temps, avec un maximum en décembre (Figure B2.4.26).

La longueur larvaire évolue de manière remarquable au profit du prunier que sur cerisier (Figure C1.4.26), cette évolution semble perturber pendant la saison estivale par rapport à la saison hivernale où elle connaît son pic au mois de décembre (Figure C2.4.26).

#### 4.3. Discrimination des paramètres de conditionnement du stade larvaire de *Capnodis tenebrionis*.

La confrontation des mesures de conditionnement des différentes formes évolutives à l'analyse discriminatoire, nous a permis à travers le test d'HOTELLING'S, de discriminer significativement ( $p=0,0083$ ,  $p<5\%$ ) l'évolution des deux groupements larvaires évoluant sur les différents supports nourriciers (Figure 4.27).



**Figure 4.27** : La disposition des fréquences de conditionnement, en fonction des paramètres de discrimination.

La fonction discriminante permet de déterminer le paramètre le plus discriminant, permettant ainsi la classification des différents stades de développement du ravageur en question. D'après le tableau de discrimination (Tableau 4.8), on constate que la longueur de la capsule céphalique est le paramètre le plus déterminant dans la classification des différents stades larvaires avec une valeur absolue de 13,141 suivie par la longueur du corps avec une valeur de 6,34, le poids larvaire étant le critère le moins convoité dans la discrimination des classes larvaires.

**Tableau 4.8** : Détermination des facteurs discriminant.

Facteurs	Poids larvaire	Longueur capsule céphalique	Longueur du corps larvaire
valeurs	4,1646	-13,141	6,3428

Cette analyse nous a conduit à retenir des classes de tailles (Tableau 4.9), qui sont censées représenter les stades de développement caractéristique du *capnodis tenebrionis*, et sur les quelle les analyses structurales et temporelles ont été réalisées.

**Tableau4.9** : détermination de différentes classes de taille.

	Longueur de la capsule céphalique	Longueur larvaire
L1	[0,16 ; 0,24]	[0,76 ; 1,5]
L2	[0,24 ; 0,5]	[1,5 ; 2,5]
L3	[0,5 ; 0,85]	[2,5 ; 5,5]
L4	[0,85 ; 1,28]	[5,5 ; 8,22]

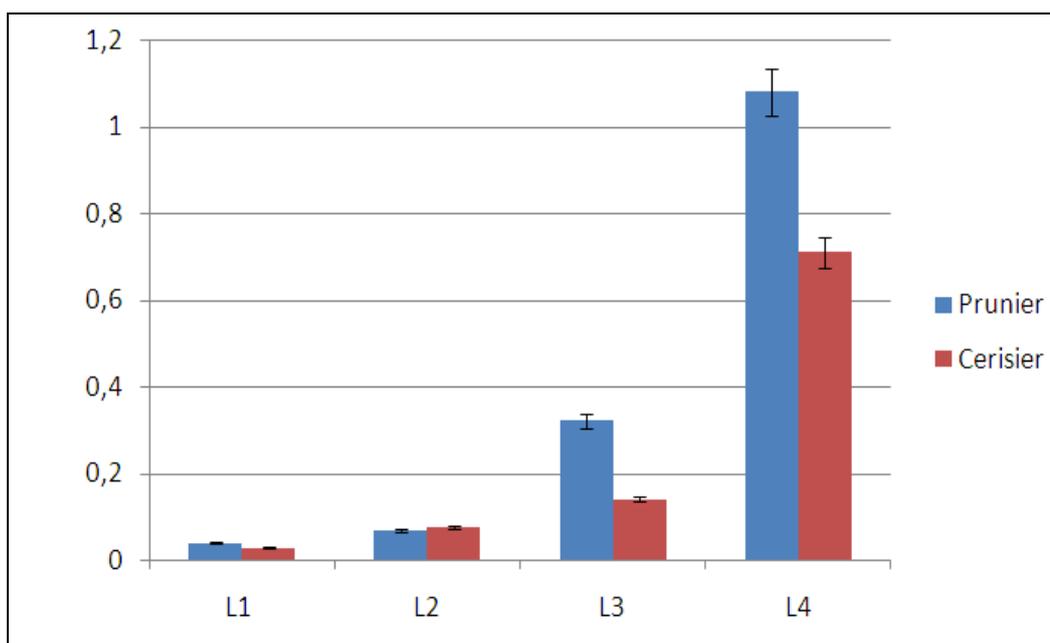
#### 4.4. Dynamique globale du cycle de développement de *Capnodis tenebrionis* dans la région de Ben chicao

L'étude du conditionnement larvaire du *Capnodis tenebrionis* évoluant sur le genre *Prunus*, nous a permis à l'aide de l'analyse discriminante, la détermination des différentes classes de développement larvaire, d'où une étude sur la répartition temporelle de ces stades par rapport au support nourricier est importante, permettant ainsi de bien cerner le cycle évolutif du ravageur et permet aussi de voir l'évolution pondérale de ces individus larvaires par rapport à leur support nourricier.

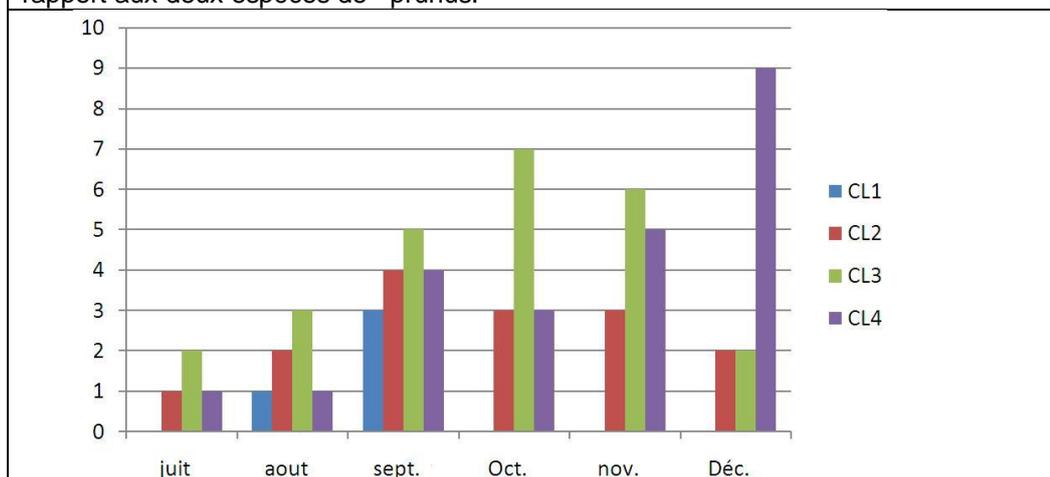
Le développement pondérale des différents stades larvaires semble avoir du recule sur cerisier par rapport au prunier, car il ya une évolution très apparente du troisième et du quatrième stade larvaire, avec des poids qui se rapproche entre les deux espèce du prunus pour les deux premiers stades larvaire (Figure 4.28).

À première vue, les figures 4.29 et 4.30 montre une différence frappante par rapport à la répartition temporelle. Ou le prunier montre une répartition de classe plus équilibré comparé au cerisier

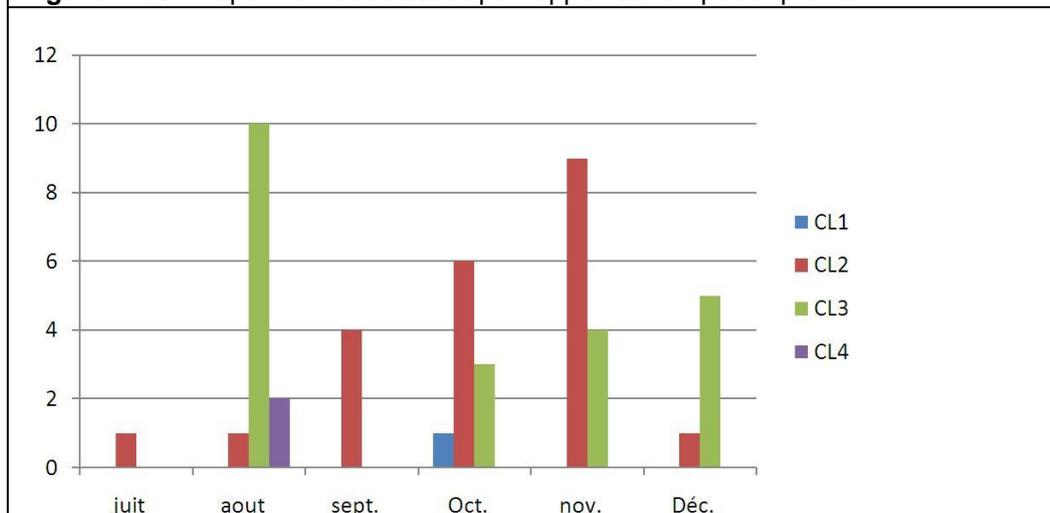
Sur prunier (Figure 4.29), le premier stade larvaire se montre présent en période estivale sur le mois d'aout et septembre, Alors que sur le cerisier, il est présent très faiblement et uniquement sur mois d'octobre. Le deuxième et le troisième stade, se montrent présent sur prunier le long des deux saisons (estivale et hivernale), avec des nombres qui augmentent progressivement jusqu'à un maximum respectif en septembre et octobre, puis décline progressivement laissant place au quatrième stade qui s'affiche discrètement dans les deux premiers mois estival, puis le nombre augmente jusqu'à atteindre un maximum au cours du mois de décembre.



**Figure 4.28 :** Répartition temporelle du poids des différents individus larvaires par rapport aux deux espèces de prunus.



**Figure 4.29 :** Répartition des classes par rapport au temps sur prunier



**Figure 4.30 :** Répartition des classes par rapport au temps sur cerisier

L'évolution des stades larvaires semble très perturbé sur cerisier par rapport au prunier, car il ya une dominance du deuxième et troisième stade

larvaire qui se montrent présents le long des deux saisons, avec un maximum d'individus au mois d'Aout pour le troisième stade et au mois de novembre pour le deuxième stade, au détriment du quatrième stade qui se montre presque absent sur cerisier.

#### 4.5. Cycle interprétatif de la succession temporelle des classes larvaires sous l'effet de la variation du support nourricier dans la région de Ben chicoa.

L'étude de la répartition temporelle des stades évolutifs par rapport au support nourricier nous a permis de bien cerner le cycle évolutif du ravageur et ainsi de bien visualiser le décalage d'apparition de chaque stade entre les deux espèces de prunus.

**Tableau 4.10** : Décalage temporelle des différents stades évolutifs.

		Test cross corrélation		
Forme	stades	Barycentre (pic d'abondance maximale)	Lag (Décalage temporel)	probabilité
Larve	L1 Prunier	8,75	1	$7,02 \times 10^{-6}$
	L1 Cerisier	10,00		
	L2 Prunier	9,73	1	$8,98 \times 10^{-4}$
	L2 Cerisier	9,48		
	L3 Prunier	9,72	2	$3,15 \times 10^{-5}$
	L3 Cerisier	10,92		
L4 Prunier	10,50	2	$4,85 \times 10^{-3}$	
L4 Cerisier	11,61			
Adulte	A Prunier	8,00	1	$2,61 \times 10^{-2}$
	A Cerisier	8,25		

Le test cross corrélation, nous a permis une identification bien claire du décalage temporelle du cycle du *capnodis tenebrionis* entre les deux espèces du prunus (tableau 4. 10) :

La ponte de *C. tenebrionis* commence en début juin pour le prunier, et en début juillet pour cerisier.

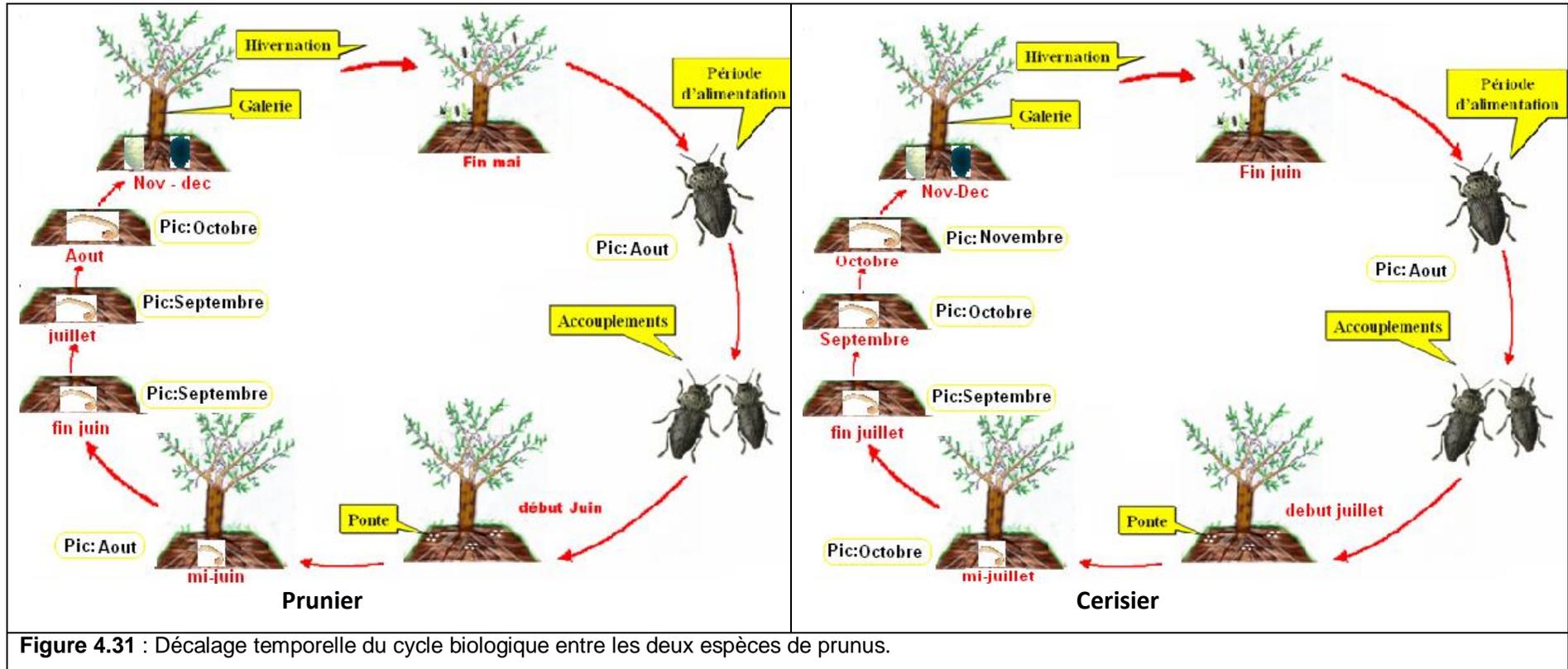
Le premier stade larvaire fait son apparition en mi-juin avec un pic d'apparition au mois d'Aout, Alor que chez le cerisier l'apparition du premier stade s'affiche a la mi-juillet (Figure 4.31), ayant un pic d'apparition au mois d'octobre (Test cross corrélation :  $p=7,02 \times 10^{-6}$ ,  $p<5\%$ ) (Tableau 4.10).

Le deuxième stade larvaire fait son apparition en fin juin sur prunier, et en fin juillet sur cerisier (Figure 4.31), avec des pics d'apparition au mois de septembre (Test cross corrélation :  $p=8,98 \times 10^{-4}$ ,  $p<5\%$ ) (Tableau 4.10).

Le troisième stade larvaire fait un décalage d'apparition de deux mois, entre les deux espèces de prunus; l'apparition se fait au mois de juillet sur prunier et au mois de septembre sur cerisier (Figure 4.31), avec des pics respectifs en septembre et octobre (Test cross corrélation :  $3,15 \times 10^{-5}$ ,  $p<5\%$ ) (Tableau 4.10).

Le quatrième stade suit le troisième stade dans son décalage d'apparition, et il affiche sa première présence au mois d'Aout pour le prunier, et au mois d'octobre pour le cerisier (Figure 4.31), avec des pics d'apparition respective au mois d'octobre et novembre (Test cross corrélation :  $2,61 \times 10^{-2}$ ,  $p<5\%$ ) (Tableau 4.10).

Le bupreste noir, hibernera a partir de fin hiver (novembre – décembre) (Figure 4.31), sous forme de nymphe ou d'adulte néoformé, pour devenir un adulte mature a la prochaine bonne saison, ou il marque son pic d'apparition pour les deux espèces de prunus, au mois d'Aout (Test cross corrélation :  $4,85 \times 10^{-3}$ ,  $p<5\%$ ) (Tableau 4.10).



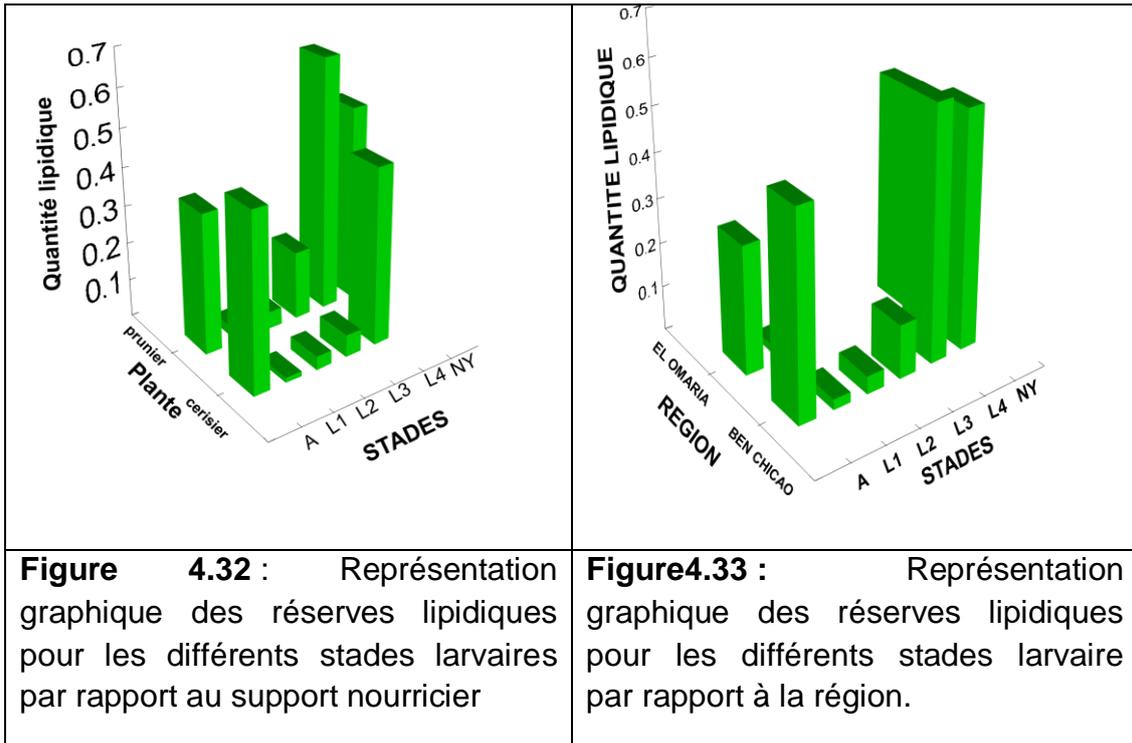
#### 4.6. Influence du support nourricier sur les réserves lipidiques des différentes formes (larve, nymphe, adulte) du *Capnodis tenebrionis* dans les différentes régions d'étude

Dans cette partie d'étude, nous avons mis l'accent sur les repenses métabolique des différentes formes larvaires du *Capnodis tenebrionis* évoluant sur le genre *Prunus*. L'effet du support nourricier a été évalué par la quantification des réserves lipidiques.

La tendance globale en réserves énergétique des individus capnode, est calculée pour chaque stade évolutif, et représentée sur les deux régions d'étude (BEN CHICAO et EL OMARIA), par rapport aux deux plantes hôtes (Prunier, Cerisier) (figure 4.32 et 4.33).

Sur le plan régional, les taux les plus élevés en réserve lipidique s'affichent à BEN CHICAO (figure A. 4.33). La même tendance est présente par rapport aux plantes hôtes, avec des taux élevés sur prunier comparés à ceux du cerisier (figure B.4.32).

La comparaison des deux graphes (figure 4.32 et 4.33), montre une fluctuation plutôt similaire des stades larvaires entre les deux régions et par rapport aux plantes hôtes. Le dernier stade larvaire représente le taux le plus élevé en réserves lipidiques, suivi respectivement, par le stade nymphale et adulte puis le stade larvaire3 et 2, et finalement le stade1.



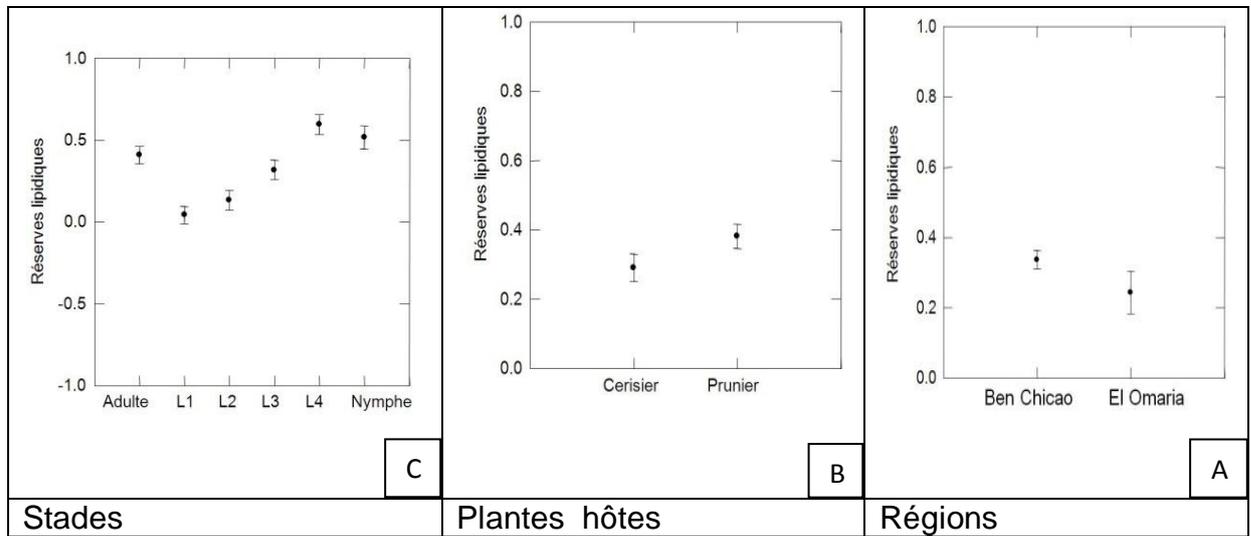
**Tableau 4.8 : Modèle G.L.M. appliqué aux différents teneurs lipidiques pour tous les stades évolutifs du *C. tenebrionis*.**

Facteurs	Somme des carrés	D.D.L.	Carrés moyens	F-ratio	P
Plantes	0,550	5	0,110	15,122	0,002
Périodes	0,022	1	0,022	2,964	0,136
Régions	0,015	1	0,015	2,004	0,0207
Var. intra	0,044	6	0,007	-	-

La différence quantitative en réserves lipidique de différentes formes évolutives du *C. tenebrionis* est hautement significative par rapport à l'influence du support alimentaire sur la qualité énergétique de l'hôte ( $p=0,002$ ,  $p<5\%$ ) (Tableau 4.8).

Concernant l'effet saisonnier, L'influence s'avère non significative ( $p=0,136$ ,  $p>5\%$ ), contrairement au facteur région qui montre une influence

significative ( $p=0,0207$ ,  $p<5\%$ ). sur la qualité de réserve énergétique du ravageur en question (Tableau 4.8).



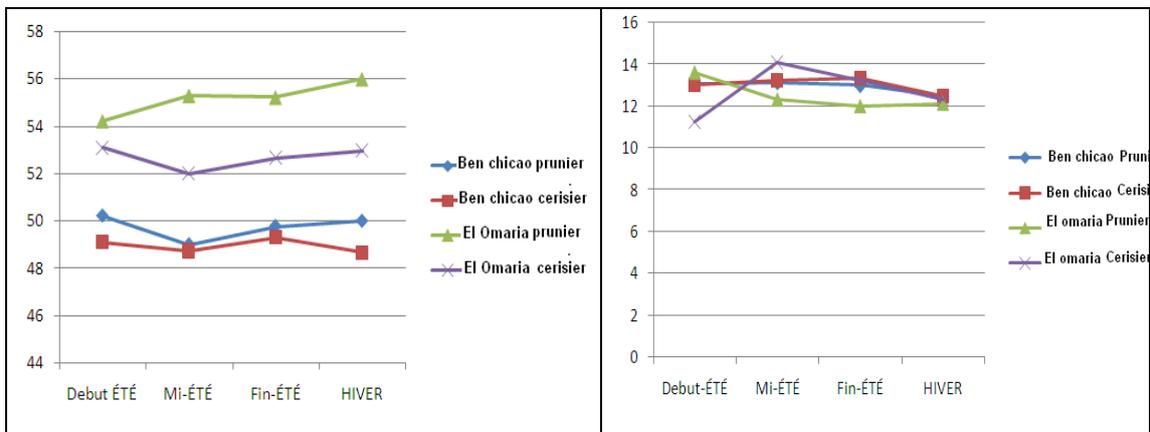
**Figure 4.34 :** Représentation des Fluctuations des réserves lipidiques en fonction du stade, de la plante hôte, et de la région.

La représentation graphique du model G.L.M., montre nettement la différence des quantités lipidique par rapport aux deux régions, avec un succès visible pour la région de BEN CHICAO (Figure4.34.A), Ce même succès se montre du coté du prunier par rapport au cerisier qui présente des quantités lipidique plus faibles (Figure 4.34.B).

Cette différence quantitative en matière lipidique se traduit clairement sur les différents stades évolutifs (Figure4.34.C). La plus faible quantité s'affiche pour le premier stade larvaire, puis succédé respectivement par le deuxième et le troisième stade. Les lipides se montrent plus importants dans les deux derniers stades (nympe, adulte), alors que le pic s'affiche pour le quatrième stade larvaire (Figure4.34.C).

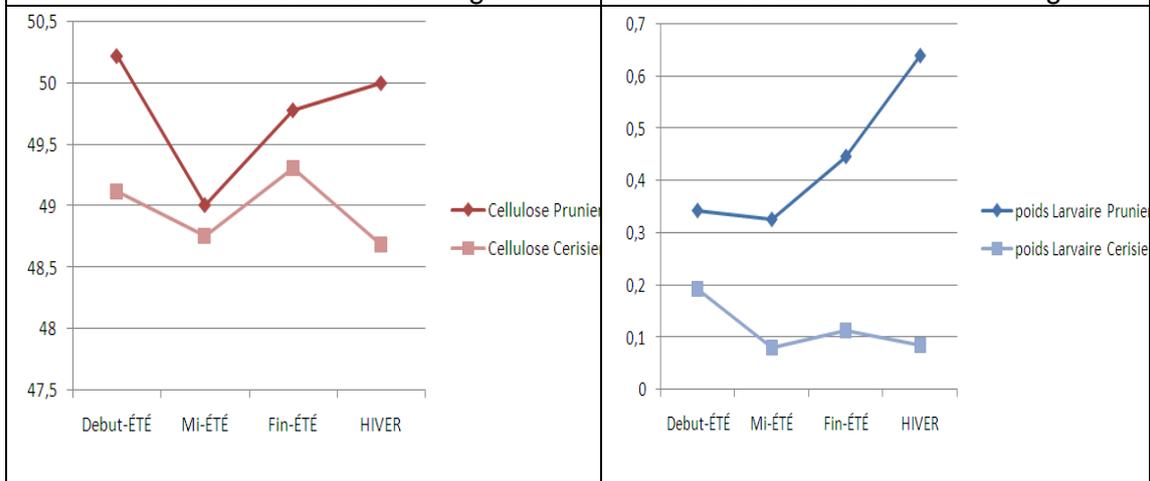
#### 4.7. Interaction réserves énergétique/constituant de la plante.

La représentation générale des taux d'hémicellulose dans les deux régions (Ben chicoa, El Omaria) durant la période estivale et hivernale, montre une très faible différences des teneurs entre nos espèces étudiées (Prunier, Cerisier) ainsi par rapport aux régions, ou on remarque une superposition des taux d'hémicellulose des deux espèce dans la région de Ben Chicoa, et un décalage insignifiant entre ces même espèces dans la région d'El Omaria (Figure4.36).



**Figure 4.35 :** comparaison temporelle des taux de cellulose entre les deux régions

**Figure 4.36 :** comparaison temporelle d'hémicellulose entre les deux régions



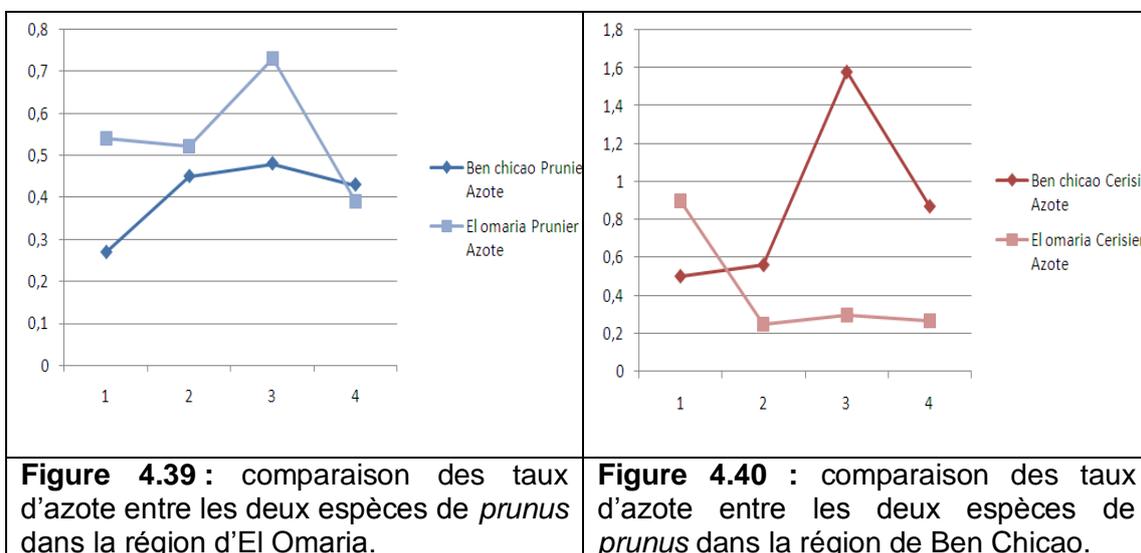
**Figure 4.37 :** comparaison entre la cellulose des deux espèces de *prunus* dans la région de Ben chicoa

**Figure 4.38 :** évolution temporelle du poids larvaire entre les deux espèces de *prunus*.

Comparée à l'hémicellulose, la cellulose se montre avec des taux supérieurs dans la région d'El Omaria par rapport à Ben Chicoa, avec des taux plus supérieurs pour le prunier (Figure4.35).

Pour la région de Ben Chicao les taux de cellulose sur prunier sont toujours plus supérieurs que ceux du cerisier pour les deux périodes (estivale et hivernale) (Figure4.37), cela se répercute ainsi sur l'évolution pondérale des larves, qui suivent la même évolution des taux d'hémicellulose, cela est valable pour les deux espèces, avec une faible influence du prunier, ou les larves semblent mieux supporter cette variation en cellulose (Figure4.38).

La figure 4.39 montre que les taux élevés d'azote pour le Prunier se présentent dans la région d'El Omaria alors que pour le cerisier, les taux les plus élevés sont présents dans la région de Ben Chicao (Figure 4.40).

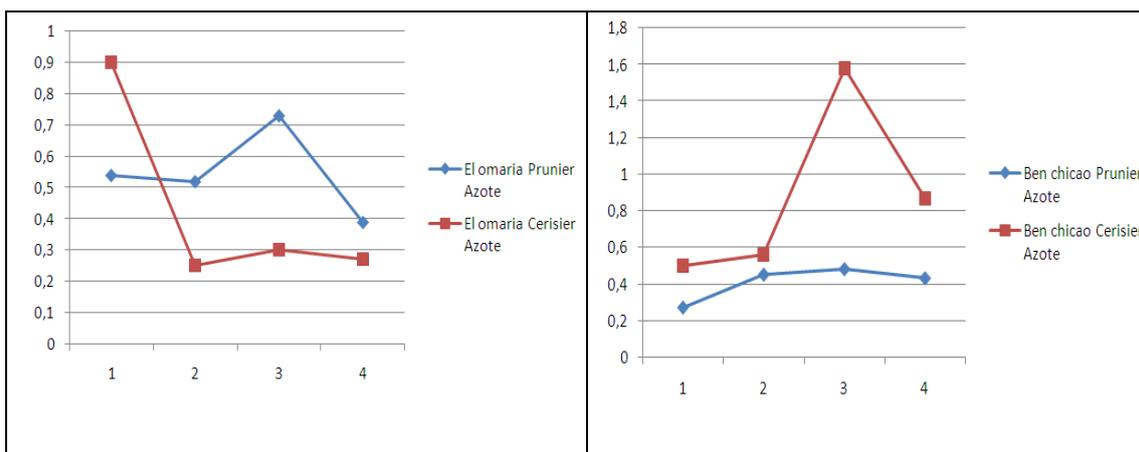


**Figure 4.39 :** comparaison des taux d'azote entre les deux espèces de *prunus* dans la région d'El Omaria.

**Figure 4.40 :** comparaison des taux d'azote entre les deux espèces de *prunus* dans la région de Ben Chicao.

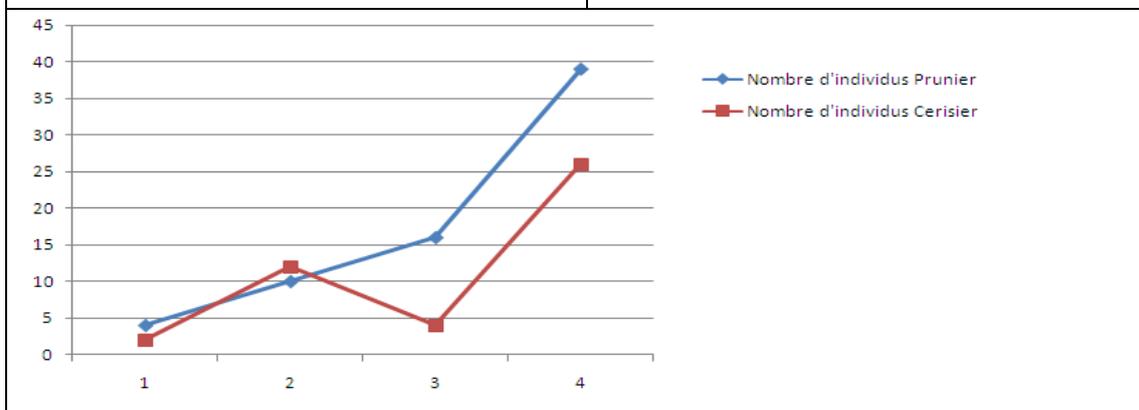
1 : Début été ; 2 : Mi-été ; 3 : Fin été ; 4 : Hiver.

La comparaison entre les deux régions (Figure 4.41 et 4.42) montre que le taux d'azote prend le dessus sur prunier dans la région d'El Omaria, alors que dans la région de Ben chicao c'est le cerisier qui prend le dessus, avec des pics pour les deux cas à la fin été.



**Figure 4.41 :** comparaison des taux d'azote entre les deux régions pour la même espèce de *Prunus* (Prunier).

**Figure 4.42 :** comparaison des taux d'azote entre les deux régions pour la même espèce de *prunus* (Cerisier).



**Figure 4.43 :** évolution des stades larvaires sur les deux supports nourriciers (Prunier, Cerisier) dans la région de Ben Chicao.

1 : Début été ; 2 : Mi-été ; 3 : Fin été ; 4 : Hiver.

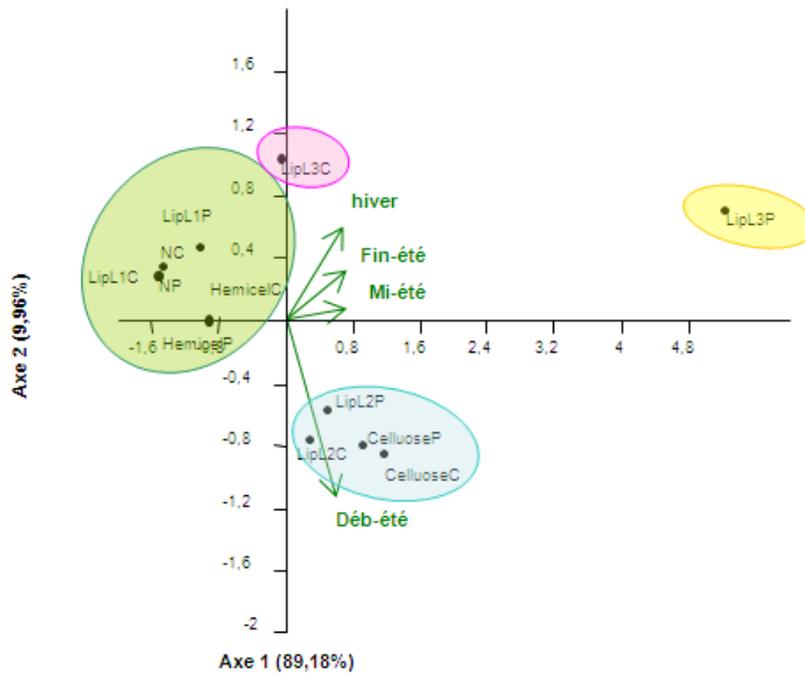
L'effectif des larves de *c. tenebrionis* progresse jusqu'à mi-été dans le même sens que le taux d'azote, sauf qu'à partir de fin-été l'évolution des larves prend le sens contraire que celui de l'azote (Figure 4.43).

Nous avons interprété l'ensemble de nos résultats par une ACP. Le principe de cette analyse est de résumer la plus grande interaction entre la qualité phytochimique des feuilles et les réponses métaboliques du bupreste noir dont une projection de plan factoriel définissant les différents groupes étudiés (Figure 4.44).

L'A.C.P. Rend compte d'une contribution maximale sur les corrélations existantes entre la distribution des réserves énergétiques et le statut des principes actifs du *prunus* durant les deux périodes estivale et hivernale.

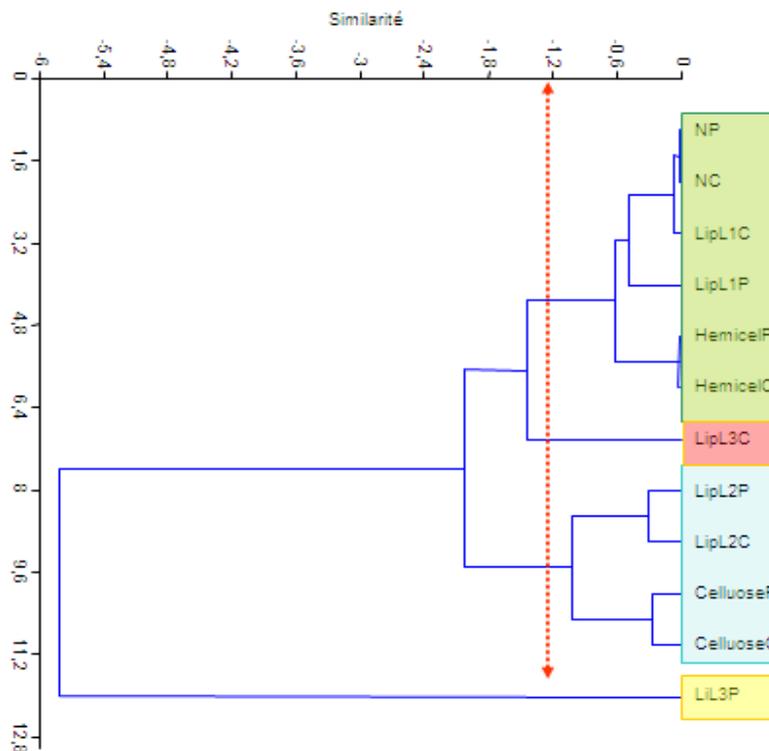
La classification hiérarchique ascendante basée sur le calcul de distances euclidiennes montre la présence de quatre groupes de statuts constitutifs:

- Le premier groupe (groupe1) qui renferme les réserves lipidique du premier stade larvaire ainsi que les taux d'azote et d'hémicellulose des deux espèces de *prunus*, qui corrèle les trois périodes : Mi-été, fin été, hiver.
- Le deuxième groupe (groupe 2) est représenté par uniquement par les réserves lipidiques du troisième stade des individus capnode évoluant sur cerisier, et corrélé avec les même périodes de ceux du premier groupe.
- Le troisième groupe (groupe 3) représente les réserves lipidiques du troisième stade des individus capnode évoluant sur prunier, et corrélé avec les même périodes du premier et second groupe.
- Le quatrième groupe (groupe 4) représente les réserves lipidiques du deuxième stade larvaire, en plus des taux de cellulose des deux espèces de prunus.



**Figure 4.44:** Corrélation des réserves énergétiques et des éléments phytochimiques des plantes hôtes.

Lip : Lipides ; P : Prunier ; C : Cerisier ; N : azote ; Hemicel : Hémicellulose.



**Figure 4. 45:** Classification ascendante hiérarchique des réserves 4 groupe A.C.P.

#### 4.8. Interaction caractéristiques sol / Dégâts.

Le tableau des analyses physico-chimiques du sol et des pertes (arrachage de plant capnodé), a été soumis à une analyse de corrélation. En dessous de la diagonale, sont indiqués les coefficients  $r$  de Pearson, au dessus le risque associé (tableau 4.9).

En se référant aux valeurs à risque associé inférieur à 0,05. Il est remarquable que l'ampleur des pertes est bien corrélées avec le fer libre par rapport aux 3 type de sol ( $r = 0,994$ ,  $p = 0,067$ ) (tableau 4.9).

Les pertes recensées durant toute l'année 2009, sont parfaitement corrélées avec la disponibilité en limon grossier ( $r = 1$ ,  $p = 0,002$ ) (tableau 4.9).

Le pourcentage d'argile relativement élevé corrèle négativement avec le pourcentage des pertes en arbre a noyaux (Prunier et cerisier) ( $r = -0,993$ ,  $p = 0,077$ ), le limon fin vient renforcer l'effet d'argile avec une bonne corrélation significativement marginale ( $r = 1$ ,  $p = 0,002$ ) (tableau 4.9).

**Tableau 4.9** : Teste de corrélation entre le degré de dégâts et les différents composés physicochimiques du sol.

	ARG	LIMF	LIMG	SF	SG	PH	CT	CARB	K	CA	MG	FT	FL	PHA	NT	C/N	PRT
ARG	-	0,008	0,079	0,157	0,452	0,342	0,266	0,189	0,044	0,768	0,855	0,304	0,01	0,808	0,393	0,399	0,077
LIMF	1	-	0,071	0,165	0,46	0,35	0,274	0,181	0,052	0,76	0,847	0,312	0,002	0,799	0,384	0,391	0,069
LIMG	-0,992	-0,994	-	0,236	0,531	0,421	0,345	0,11	0,123	0,689	0,776	0,383	0,069	0,729	0,314	0,32	0,002
SF	-0,97	-0,967	0,932	-	0,295	0,185	0,109	0,346	0,113	0,925	0,988	0,147	0,167	0,965	0,549	0,556	0,234
SG	0,758	0,75	-0,672	-0,894	-	0,11	0,186	0,641	0,408	0,78	0,692	0,148	0,462	0,74	0,845	0,851	0,529
PH	0,859	0,853	-0,789	-0,958	0,985	-	0,076	0,531	0,298	0,89	0,803	0,038	0,352	0,851	0,734	0,741	0,419
CT	0,914	0,909	-0,857	-0,985	0,957	0,993	-	0,454	0,222	0,967	0,879	0,039	0,275	0,927	0,658	0,665	0,343
CARB	-0,956	-0,96	0,985	0,856	-0,535	-0,672	-0,756	-	0,233	0,579	0,667	0,493	0,179	0,619	0,204	0,21	0,112
K	0,998	0,997	-0,981	-0,984	0,801	0,892	0,94	-0,934	-	0,812	0,899	0,26	0,054	0,851	0,436	0,443	0,121
CA	0,357	0,369	-0,47	-0,118	-0,339	-0,171	-0,052	-0,614	0,292	-	0,088	0,928	0,758	0,04	0,375	0,369	0,691
MG	0,225	0,238	-0,344	0,019	-0,464	-0,305	-0,189	-0,5	0,158	0,991	-	0,84	0,846	0,048	0,463	0,456	0,778
FT	-0,888	-0,882	0,824	0,973	-0,973	-0,998	-0,998	0,715	-0,918	0,113	0,248	-	0,314	0,888	0,697	0,703	0,381
FL	-1	-1	0,994	0,966	-0,748	-0,851	-0,908	0,961	-0,996	-0,371	-0,24	0,881	-	0,798	0,383	0,389	0,067
PHA	-0,298	-0,31	0,413	0,056	0,397	0,233	0,115	0,564	-0,231	-0,998	-0,997	-0,175	0,312	-	0,415	0,409	0,73
NT	-0,816	-0,823	0,881	0,65	-0,242	-0,405	-0,512	0,949	-0,774	-0,831	-0,747	0,459	0,825	0,795	-	0,007	0,315
C/N	0,81	0,817	-0,876	-0,642	0,232	0,396	0,503	-0,946	0,768	0,837	0,754	-0,45	-0,819	-0,801	-1	-	0,322
PRT	-0,993	-0,994	1	0,933	-0,674	-0,791	-0,859	0,985	-0,982	-0,467	-0,341	0,826	0,994	0,411	0,88	-0,875	-

## CHAPITRE 5

### DISCUSSION GENERALE

L'indice d'EMBERGER classe la zone de Médéa dans l'étage bioclimatique subhumide à hivers frais, avec une pluviométrie moyenne de 400 à 500mm ce qui ne convient pas à la culture arboricole fruitière.

Ces variations climatiques agissent sur le développement phénologique de la plante ainsi que sur la biologie de l'insecte. D'autres paramètres climatiques peuvent déséquilibrer les activités biologiques des êtres vivants (plante, insecte) durant leurs cycles évolutifs. On note une température élevée pendant la saison estivale ( $T_{\max}$  : 34°C;  $T_{\min}$  : 19°C) qui influence les activités biologiques de la plante et du bupreste noir. La pluviométrie enregistrée pendant cette période est de l'ordre de 7,9 mm; donc on assiste à un déficit hydrique qui n'est pas comblé par rapport à la région de Ben Chicao, où les deux espèces de *Prunus* n'ont connu aucune irrigation au cours de l'année d'étude. Ajouté à l'absence d'entretien comparée à la région d'El Omaria où les deux espèces de *Prunus* échantillonnées ont connue plus de soin (irrigation, fertilisation). Ce qui se répercute sur la biochimie et la physiologie du bois ainsi que sur la biologie des insectes, évidemment *Capnodis tenebrionis* qui marque une présence quasiment nulle dans la région d'El Omaria avec trois individus alors qu'à Ben Chicao on a recensé 142 individus. DAJOZ [173], explique que la discontinuité et la variabilité du milieu naturel constituent un facteur limitatif essentiel de pullulation des organismes.

L'espèce *C. tenebrionis* L., depuis son introduction en Algérie en janvier 1934 puis à Médéa en 1982, c'est multipliée dans le complexe arboricole et son expansion se poursuit actuellement presque dans tous les vergers à arboriculture fruitière à

noyau. Vu les conditions climatiques favorables à son développement (Température estivale comprise entre 25°C et 40°C).

A partir de nos résultats, nous pouvons expliquer la variation des populations de *C. tenebrionis* L. dans la région d'étude. A ce stade, on peut avancer que la reproduction des populations de *C. tenebrionis* est fortement liée aux facteurs du milieu (espèce hôte, nature du sol, fumure, irrigation), et à la fluctuation des composés chimiques (celluloses et azote) de ses plantes hôtes (Prunier, Cerisier).

### 5.1. Etude de l'influence temporelle du support nourricier sur le conditionnement

CHABOUSOUS [2], confirme qu'entre la plante et l'insecte les rapports de nature nutritionnelle sont fondamentaux.

Un ravageur spécialiste doit retrouver dans son hôte, toutes les caractéristiques nutritionnelles essentielles pour son développement. Ces substances nutritives lui permettent de réaliser correctement son cycle vital, lui assurant ainsi une bonne fitness et la survie de sa progéniture.

Nos résultats montrent clairement que le développement du conditionnement larvaire de *C. tenebrionis* diffère très significativement en fonction de l'espèce hôte (prunier, cerisier). Ces propos sont traduits par NICOLE [181], qui trouve que les substances chimiques contenues dans les plantes jouent un rôle très important dans l'évolution des insectes au sein de son hôte.

Ces résultats expliquent parfaitement celui de LAGAÚDE [158], qui produit une classification décroissante des arbres attaqués par le capnode établie au Maroc, et qui démontre que le prunier japonais et commun avec 42% d'attaque, se présente comme l'espèce la plus attaquée suivie par le cerisier avec un pourcentage de 34% et enfin l'Abricotier avec 12%.

Ces préférences ont été expliquées par plusieurs études qui montrent l'importance de la présence de certains composés chimiques de la plante hôte dans l'attraction ou la répulsion des ravageurs. Ainsi, la présence de certains composés volatiles limite les agressions parasitaires [69].

L'indifférence de la tendance de l'évolution temporelle du conditionnement, peut être traduite par une perturbation du rythme de croissance et qui nous semble être tributaire des variations quantitatives des composés nutritives.

Sur la base de nos investigations sur terrain, cette variation quantitative nous semble être sous la dépendance des différents facteurs d'ordre biotique et abiotique. Dans les conditions environnementales, les plantes sont souvent sujettes à des effets de nature variée (déficit hydrique, tolérance thermique, variabilité pédologique), pouvant engendrer une expression métabolique différente [182]. Ces réactions métaboliques se trouvent sous la dépendance, non seulement des facteurs génétiques [Appel, 1993], mais aussi d'une série de facteurs écologiques et cultureux qui sont susceptibles d'influencer la composition des plantes hôtes selon les actions anthropiques et la nature du stress [2].

## 5.2. Étude de la répercussion des réserves énergétiques sur l'évolution et la répartition temporelle des stades larvaires dans la région de Ben Chicao

L'analyse discriminante est un paramètre clef qui nous a permis la détermination des stades larvaires, pour lesquelles on a une répartition plutôt déséquilibrée sur cerisier avec une dominance du deuxième et troisième stade larvaire et un très faible effectif du quatrième stade comparé au prunier. Ces résultats ne peuvent être expliqués que par les analyses des réserves énergétiques lipidiques, qui correspondent parfaitement et viennent encore renforcer nos conclusions

Les réserves énergétiques lipidiques sont plus prononcées dans le quatrième stade. Les lipides provenant des hydrates de carbone issus de l'alimentation sont synthétisés dans le corps gras [183]. Etant la source d'énergie prédominante pendant le développement des insectes, une quantité suffisante de lipides doit être mise en réserve [184].

Les résultats obtenus dénotent un déficit significatif des taux des réserves lipidiques des individus évoluant sur cerisier par rapport à ceux évoluant sur prunier. Ce résultat peut s'expliquer par le degré d'associabilité de la disponibilité lipidique et la qualité du support alimentaire, qui à notre avis frêne le développement des larves

ayant des besoins énergétique plus élever. Ces résultats viennent renforcer ceux du conditionnement qui se penche sur la même tendance.

Les variations pondérales font ressortir l'existence de contraintes sur les traits d'histoire de vie des larves du *C. tenebrionis* sur les deux espèces de prunus : Pendant que les larves évoluant sur prunier prennent le bon poids a chaque stade larvaire et ainsi acquérir les réserves énergétiques nécessaires pour leur transition au prochain stade évolutif. Les larves évoluant sur cerisier se montrent stagner entre le deuxième et le troisième stade, cela peut être relaté aux besoins d'énergie qui augmente d'avantage au fur et a mesure que l'individu avance dans ses stades de développement , et a partir du fait qu'il est confronté un support alimentaire insuffisant, son développement sera freiné à partir du troisième stade, où les besoins en réserves énergétiques se montrent plus exigeants (figure4.30).

La médiocrité du support alimentaire, est confirmée par les faibles proportions pondérales des individus à partir du troisième stade sur cerisier, où les individus en question ont des mensurations céphaliques correspondantes aux larves du troisième stade et un poids larvaire correspondant au deuxième stade. Ces propos sont remarqués aussi sur terrain par une ascension (a l'intérieur du tronc) anormale de la larve du troisième stade a une hauteur qui dépasse 1 mètre 50 à partir du collet contraignant ainsi les conclusions de TAJNARI [29], qui détermine la répartition en profondeur des loges larvaires (Figure 1.9), où 95% des loges sont situées entre 5 cm et 15 cm au-dessous du sol. Avec 9.2% entre 0 et 5 cm, 23% entre 5 et 10 cm et 0.28% entre 30 et 40 cm au-dessous du niveau du sol, au-delà les logettes sont inexistantes. L'examen de ces deux résultats contradictoires révèle l'influence de la qualité phytochimiques des plantes hôtes sur l'évolution des populations de l'espèce en question ; c'est ce qui explique cette ascension anormale à la recherche d'un rassasiement permettant le passage au second stade larvaire.

D'autre part, on peut expliquer la diminution des réserves énergétiques et du poids des deux derniers stades par un phénomène d'épuisement après une longue période d'exposition à une alimentation médiocre.

La variation temporelle des réserves énergétiques lipidiques pendant les deux saisons (hivernale et estivale) se montre non significative, et peut être expliquée par le fait que les individus ne peuvent pas effectuer la transition d'un stade à un autre

que s'ils ont la bonne quantité de réserves énergétiques, cela est valable quelque soit la période. La quantité des lipides disponibles pour les réserves semble être le résultat d'une balance entre la prise de nourriture et les demandes de réserves par des processus tels que la reproduction, la maintenance et la croissance [185], Alors que dans notre situation, les organismes ne vont disposer que d'une quantité limitée d'énergie qui devra être allouée à la croissance aux dépens des autres fonctions (la reproduction et la maintenance).

Les fluctuations des réserves énergétiques sont conditionnées par la disponibilité et la variabilité des éléments nutritifs (eau et hydrates de carbone) en fonction des variations saisonnières et des températures qui vont agir sur le cycle biologique de l'insecte [186], et vont moduler l'optimum écologique des femelles [187]. Lors d'un déséquilibre nutritionnel, les femelles vont s'alimenter d'un matériel de moins bonne qualité nutritionnelle, pouvant entraîner des régressions ovariennes et donc, une faible performance de ponte. Ce phénomène va permettre à ces femelles d'allouer ses ressources à leur longévité tout en reportant leur oviposition à un moment où les conditions seraient optimales [188].

Ces contraintes d'ordre nutritionnel sont hâtivement visibles sur la distribution temporelle du *C. tenebrionis*, où on assiste à un décalage approximatif de deux mois entre l'évolution du bupreste noir sur cerisier, par rapport à son évolution sur prunier. Ce résultat est d'autant plus confirmé statistiquement par le Test cross corrélation, ainsi que sur terrain, où on a remarqué le premier envol d'adulte en premier lieu sur prunier puis sur cerisier, avec un décalage considérable.

Il est établi depuis longtemps que face à des substances toxiques présentes dans la plante, les insectes ont développé diverses stratégies d'installation primaire qui vont de l'emmagasinement à la désintoxication du principe actif. De ce fait, d'importantes réactions métaboliques seront mises en place pour diminuer ou éviter les dommages causés par les métabolites de la plante hôte. Ces mécanismes coûtent en énergie et en ressources ce qui entraîne une plus faible disponibilité pour la construction des réserves énergétiques [189], Ces effets nous semblent intéressants dans l'esprit d'interpréter la différence significative des réserves énergétiques (lipides) entre les deux régions (Ben Chicao et El Omaria). Il est

important de signaler que dans la région d'El Omaria, les plantations avaient subi des traitements phytosanitaires réguliers, ainsi qu'un bon entretien phytotechnique. Cet investissement en culture avait mis le ravageur dans une position de stress, qu'il lui a coûté un épuisement sévère de ses réserves énergétiques suite à la détoxification du produit phytosanitaire assimilé. Cette approche va dans le sens des observations de MARTIKAINEN & RANTALAINEN [190], qui ont mis en évidence une réduction de la croissance d'un arthropode primitif en présence d'insecticide. Car en fonction de ses réserves, l'individu devra choisir entre s'alimenter ou réaliser une autre activité. Ce stress suscité semble incontournable dans notre cas, car l'effectif des individus était presque insignifiant.

### 5.3. Etude de l'influence phytochimiques sur l'allocation des réserves énergétiques

La spécificité des ravageurs recensés sur *Prunus*, en tant que plante hôte primaire, montre que chaque insecte recherche la plante hôte susceptible de lui procurer les substances nutritives indispensables à son évolution. Un test ACP a été effectué afin de vérifier si le rythme de développement des individus du capnode observés sur *Prunus* est ajusté aux différentes fluctuations phytochimiques et phénologie de l'hôte pour profiter des meilleures conditions et maximiser leur fitness.

Proportionnellement, le bois étant le support le plus pauvre en éléments nutritifs. Pour en avoir la même quantité qu'un fruit ou une feuille, il faut en ingérer une bonne plus grande quantité que celle qui serait sinon nécessaire, De plus, sa composition chimique et sa structure en font un aliment très dur à digérer [191]. BONNEMAISON [31], précise que la larve du capnode creuse des galeries sinueuses, très larges qu'elle bourre d'une fine sciure et s'alimente principalement de la couche sous corticale du bois du *Prunus*.

En résumé, la composition phytochimiques des 2 espèces de *Prunus.*, est proportionnellement dissemblable. Leur plus ou moins forte ressemblance phytochimique est signalée pour l'Hémicellulose, qui semble être rapproché pour les deux régions, et entre les deux espèces quelque soit les conditions environnantes et la saisonnalité (Figure 4.36).

Contrairement à l'indigestion de la cellulose, l'hémicellulose est meilleure, son hydrolysation par l'hémicellulase (une enzyme) est plus facile [192]. C'est ce qui explique la convergence des vecteurs dans l'analyse multivariée (A.C.P.) la présence du premier stade larvaire (L1) des deux espèces de *Prunus* en même groupe avec l'hémicellulose, qui représente un appât facile à acquérir pour ce stade fragile. La teneur en hémicellulose varie selon que l'arbre est résineux (teneur faible) ou non (teneur plus forte) [191], mais cela ne semble pas déranger les L1 qui ont un faible besoin en réserves énergétiques.

Les faibles proportions d'hémicellulose sont confirmées par Martin R. et al. [191], où ils précisent que le bois est constitué principalement de matières organiques (cellulose et lignine) et d'un faible pourcentage (de 1 à 1,5 %) d'éléments minéraux. Il contient également une part d'humidité variable, la cellulose représente (40 à 50 %), alors que l'hémicellulose ne représente que 15%.

Le pourcentage élevé en cellulose semble intéresser les derniers stades à partir du moment où ils ont plus de besoin énergétique que le premier stade et plus de tonus pour le dégrader. Car la cellulose est indigeste : seuls quelques champignons, bactéries et de rares insectes parviennent à la digérer. La cellulose pure ne peut être réduite que par la collaboration de trois enzymes hydrolases : enzyme C1, Cx et cellobiase, l'absence de l'une d'entre elle empêche la digestion, il existe donc peu d'insectes parvenant à l'utiliser : quelques Isoptères, Coléoptères [191].

Le besoin accentué en énergie pour les derniers stades est expliqué en A.C.P, par la présence des L2 dans le même groupement avec la cellulose dans la même orientation que la période début été, cela est relatif à la présence des bonnes conditions pour leur développement. L'affinité du capnode pour la cellulose semble d'avantage plus claire en comparant les figures 4.37 et 4.38, où les mêmes tendances se dégagent entre la courbe d'évolution temporelle de la cellulose et celle de l'évolution pondérale larvaire par rapport à la même période.

Nos deux *Prunus* renferment des taux différents en cellulose (principalement composé de sucre) par rapport à la région, avec des proportions supérieures pour les deux espèces dans la région d'El Omaria comparé à celle de Ben Chicao. Ce qui semble justifier, du moment où les plantes dans cette dernière région ont été soumises à différents types de stress d'ordre biotique et abiotique. Alors que la synthèse des sucres est dépendante de l'état sanitaire de la plante et des conditions climatiques [286].

Contrairement au premier et deuxième stade larvaire affinés aux deux espèces de *Prunus* qui se montrent avoir la même tendance en ACP, l'évolution du troisième stade se différencie très clairement car les L3 évoluant sur prunier représentent un groupement à part que ceux évoluant sur cerisier, cela est confirmé dans la figure...qui montre que les larves du prunier prennent plus d'élan dans leur développement par rapport aux larves du cerisier. Cette différence est due à la disparité de la qualité nutritionnelle entre les deux espèces par rapport aux besoins élevés en réserves énergétiques qui s'est trouvé asynchrone avec le repos végétatif du cerisier à partir de mi-été.

La physiologie de l'arbre joue un rôle important dans la distribution spatio-temporelle de l'insecte. La relation plantes hôtes-ravageur est d'ordre nutritionnel, ainsi l'équilibre physiologique de la plante hôte a une grande influence sur le développement des arthropodes. Ces dernières modifient considérablement leur comportement, selon l'importance des éléments nutritifs mis à leur disposition [193].

Les taux supérieurs en cellulose sur prunier dans la région de Ben Chicao, semblent justifier l'attraction du capnode vers ce dernier par rapport au cerisier. En plus, la perception des signaux chimiques émis par leur plante hôte, sont considérés comme une information capitale sur laquelle se base le choix d'un site chez les insectes phytophages [193]. Les substances constituant l'information chimique sont appelées des médiateurs chimiques ou sémiouchimiques. Elles complètent l'information physique pour former l'image sensorielle caractéristique de la plante hôte recherchée par l'insecte [193].

La conjonction d'un ou des plusieurs facteurs abiotiques affectant les plantes conduit à un déséquilibre entre les qualités nutritives et les capacités défensives de ces plantes [194].

L'impact des composées secondaires des plantes sur le développement des insectes peut prendre trois aspects selon PHILOGENE et ARNANSON [195], la présence de substances indigestes d'une part, va réduire les possibilités d'assimilation et donc l'accès aux molécules nutritives nécessaires à un développement normal. Les insectes sont capables d'affecter directement d'autre part l'intégrité des cellules, et donc des fonctions digestives intrinsèques qui entravent le développement larvaire de façon significative. Une troisième voie par laquelle s'exerce l'action de ses composés sur le développement des insectes est celle des régulateurs de croissance (phytoecdysone, précocène, analogues de l'hormone juvénile et anti-hormone) qui sont tous capables d'affecter à des degrés divers la croissance, le développement, la diapause, la métamorphose ou la reproduction chez les insectes.

Dans des conditions favorisant le bon développement de la plante (cas d'El Omaria), le taux d'azote chez le cerisier est plutôt inférieur que chez le prunier, cela nous amène à dire que la préférence du capnode pour le prunier comparé au cerisier est due aussi aux taux élevés en azote. Cela se réaffirme aussi dans la comparaison des taux d'azote entre le prunier d'El Omaria et le prunier de Ben Chicao, cette dernière station qui se caractérise par des conditions déficitaires pour les plantes, précise aussi des taux d'azote plutôt élevé par rapport au prunier d'El Omaria. Ce qui confirme les résultats de CATE et ALEXANDER [72], qui avancent qu'un arbre mal alimenté en eau, peut aussi être plus attractif pour les insectes à cause d'une modification de son spectre d'odeurs (émission de volatiles attractifs tels que l'éthanol ou la modification du spectre de terpènes), composés qui permettent aux arbres de repousser les attaques des ravageurs pionniers.

Beaucoup de chercheurs trouvent que les besoins nutritionnels d'un insecte changent avec le temps selon les besoins pour la croissance, la reproduction, la diapause et la migration. En général, les besoins en azote des jeunes stades

larvaires est plus élevé que celui des larves plus âgées. Cela explique la présence d'azote dans le même groupe d'ACP avec le premier stade larvaire.

Les taux d'azote qui commence à baisser à la fin été signale une réaction défensive de la plante face à l'attaque. L'hypothèse corrobore la documentation disponible stipulant que les changements qui affectent la plante sous l'action mécanique des herbivores, induisant des réponses pouvant être complexes et multiples [196].

Cependant, les sécheresses provoquent également souvent une augmentation de la concentration en certains composés secondaires dans les tissus des plantes. Cette concentration neutraliserait fréquemment l'effet bénéfique de la qualité nutritive. GERSHENZON [197] signale que sous l'effet d'un stress hydrique, la quantité des composés de défense, tels que les glycosides cyanogéniques, les glucosinolates auraient tendance à augmenter. En outre, la plante synthétise suite à l'impact des bioagresseurs les mêmes substances soit dans un but de défense contre ces derniers, soit pour un rôle adaptatif [198], pour les quelle l'azote représente un principale constituant.

Les substances toxiques élaborées par la plante sont considérées comme perturbateurs de l'utilisation de l'énergie [199] en entraînant une déperdition ou une mauvaise gestion de l'énergie [200]. La qualité d'énergie va déterminer donc la survie de l'individu, sa vitesse de croissance et sa fécondité, ce qui détermine le maintien de la population [200; 201]. Ce qui explique la chute d'effectif d'individus de capnode à la fin été.

SIMPSON et SIMPSON [55], avancent que les insectes confrontés à un déséquilibre nutritionnel peuvent essayer de le compenser de trois façons différentes. Ils peuvent ainsi soit augmenter leur ingestion, soit changer leur source de nourriture ou encore ajuster leur efficacité de conversion de leur nourriture.

La capacité physique des espèces peut également engendrer un changement de réponse face au toxique par un « effet de sélection », c'est à- dire que les plus faibles meurent les premiers, [202]. Un autre phénomène, non rare, constitue un dernier mode de défense pour l'individu amené à se nourrir d'une plante ayant des

composés toxiques, il s'agit de la séquestration des produits phytochimiques [203], ce qui nous semble contrasté avec le comportement du capnode qui a repris ses performances en période hivernale en augmentant leur nombre malgré la lutte de l'insecte (tôt d'azote toujours en baisse), cela montre la grande plasticité de ce ravageur.

#### 5.4. Etude de l'influence de la nature du sol sur l'affinité de ponte

Pour comprendre la distribution et l'abondance d'une espèce, il est nécessaire de connaître son histoire, les conditions environnementales favorables, les ressources nécessaires, ses paramètres démographiques, et les effets des interactions intra et interspécifiques [187]. Le sol représente un facteur environnemental important dans le développement de notre ravageur.

La ponte a lieu à la base des troncs ou sur le sol proche [35]. La femelle du capnode introduit son oviscapte dans le sol en prenant appui sur le tronc [22]. L'influence de la nature du sol est un facteur fort important dans la mesure où les dégâts peuvent se répercuter à chaque variation d'une des composantes physiques du sol [36]. En moyenne 90% des œufs sont pondus en terre avec une forte proportion à moins de 10 cm du tronc, 10% sont pondus sur le tronc [23].

Pour ce qui est de la part de nos résultats, la signalisation d'une corrélation positive entre les pertes engendrées par le capnode et entre les taux de limon grossier d'une part et d'autre part les taux en argile, permet de déduire que le capnode préfère les sols légers, étant donné que la larve doit se déplacer pour atteindre son hôte.

Pour terminer, il y a lieu de dire que le succès du bupreste ne dépend pas uniquement de sa plasticité ou encore de l'état physiologique de sa plante hôte, mais c'est plutôt l'effet jumelé de tous les paramètres biotique, pédo-climatiques, et phytotechnique, qui fait que ce ravageur parvient à évoluer.

## CONCLUSION GENERALE

*Capnodis tenebrionis* .L (originaire de la région méditerranéenne) est considéré comme l'une des espèces les plus nuisible aux cultures fruitières à noyaux. Les adultes, pour se nourrir, défeuillent partiellement les arbres en dévorant les pétioles, détruisant les bourgeons et décortiquant en surface les pousses tendres à peine lignifiées, alors que les larves, sont le principal agent des dommages causes aux arbres ; creusant des galeries sinueuses ascendantes ou descendantes. Elles occasionnent un déséquilibre entre la partie aérienne et le système racinaire. Les arbres attaqués par le capnode deviennent très sensibles aux attaques des coléoptères du genre *Scolytus*.

L'évolution des agro-écosystèmes est fortement perturbée par les changements environnementaux dont l'impact des bioagresseur et/ou les activités anthropiques englobant les divers traitements phytosanitaires, la fertilisation et d'autres pratiques culturales. La connaissance des interactions entre les ravageurs et leurs plantes hôtes sont un préalable nécessaire pour l'amélioration des techniques de lutte et le développement de méthodes alternatives à la lutte chimique.

Notre étude vise à adhérer aux multitudes recherches qui visent à élucider les réponses de la plante face à l'attaque du bupreste inféodés aux arbres fruitiers à noyau : *Capnodis tenebrionis*. Des dosages de réserves énergétiques chez ce bupreste avaient lieu parallèlement avec des dosages des supports alimentaires (prunier et cerisier). De ce fait, nous nous sommes posé la question de savoir si la variation de la qualité phytochimiques du bois de prunus aux cours des deux saisons avait un effet sur le remaniement des réserves énergétiques de *Capnodis tenebrionis*, et quelle était la réponse adaptative de ce ravageur par rapport à ces changements saisonnière et défensive.

En effet, la réponse de la plante face à l'attaque des insectes varie en fonction de son état physiologique, des conditions phytotechniques, ainsi qu'aux conditions environnementales telles que la température, la pluviométrie qui peuvent influencer la réponse de la plante hôte.

L'étude est réalisée sur deux espèces de prunus (prunier, cerisier), par rapport à deux régions (Ben Chicao et El Omaria) situées dans la wilaya de Médéa, au niveau de l'étage bioclimatique subhumide à hiver frais. L'interprétation des résultats touchant l'interaction *Prunus*-capnode par l'analyse de la variance (GLM) montre une variabilité des réserves énergétiques entre les individus pour chaque stade évolutif du ravageur corrélées avec la qualité de l'espèce hôte ainsi que par rapport à la région.

Cette qualité en réserves énergétique se traduit aussi sur l'évolution du conditionnement (longueur larvaire, longueur de la capsule céphalique, poids) qui est corrélé aussi avec le support nourricier (prunier, cerisier). Les quantités des réserves

énergétiques lipidiques sont plus prononcées chez les larves évoluant sur prunier que chez ceux évoluant sur cerisier.

Les variations temporelles des supports alimentaires, présentent une différence entre les deux espèces de *Prunus* entre les deux régions. Ce qui a permis de clarifier les variations du conditionnement et des réserves énergétiques qui se montrent dépendantes des variations quantitatives de la cellulose et de l'azote sur les deux périodes (estivale et hivernale).

Le développement des derniers stades larvaires s'est montré dépendant de la quantité phytochimiques en cellulose. Alors que les premiers stades étaient liés à l'hémicellulose et à l'azote. La baisse des taux d'azote à la fin d'été, fait allusion à la réponse métabolique des plantes hôtes au stress, en utilisant cet azote à des fins défensives, dont la fabrication des cyanoglycogènes en fait partie.

Cette réponse métabolique influence l'évolution du ravageur, qui parviendra grâce à sa plasticité à surmonter ce stress. Cela est due aussi aux conditions défavorable dans lesquels les arbres hôtes évoluent (région de Ben Chicao), comparer à ceux d'El Omaria qui ont bénéficié de plus de soin (traitement, fertilisation, irrigation) pour le quelle l'attaque n'avait lieu qu'au début d'été, vu que le stress était plus intense que le capnode n'a pas pu rétablir son équilibre homéostatique.

Le sol n'a pas été épargné, car sa nature physique influence vivement l'affinité de ponte.

D'après les résultats, on arrive à conclure que l'agressivité d'attaque du capnode est fonction du chevauchement entre les composés phytochimiques de la plante et les conditions du milieu dont les conditions pédoclimatique. Cela est déduit aussi par l'accroissement ou la réduction des teneurs en réserves énergétiques du capnode suite à la réaction de la plante. Sauf que l'alternative défensive de la plante ne sera jamais suffisante sans des mesures phytotechniques correcte.

Un plan d'action doit être établi afin de lutter contre ce redoutable ravageur. On peut orienter les réflexions sur les axes suivants :

Mesures prophylactiques

- Capnodage : avant la ponte (Avril - Mai) ;
- respect des exigences des arbres fruitier en sol : profond bien drainé, craint les sols légers.
- respect des exigences des arbres fruitier a noyau en Fumures : Engrais phosphopotassique et Engrais azotés ;
- respect des exigences des arbres fruitiers a noyaux en irrigation : Destruction des œufs et des larves (Mars - juin)
- Taille.
- Entretien cultural pour plantation adulte

#### Mesures de lutte chimique

- Traitement d'hiver (huile jaune);
- Traitement printanier : Insecticides du sol (Avril - Mai);
- Traitement estival : Insecticide du sol (Juillet - Aout).

#### Mesures de réhabilitation

- Arrachage et incinération : Arbre fortement attaqués;
- Replantation : Acquisition de plants;
- Plantation : Les nouvelles plantations doivent être certifié indemne de capnode.

## LISTE DES SYMBOLES ET D'ABREVIATIONS

Var. intra : Variable intra spécifique

P : Probabilité

LGL : Longueur larvaire ;

PDL : Poids larvaire;

CCL : Capsule céphalique larvaire.

ARG : Argile.

LIMF : Limon fin.  
LIMG : Limon grossier.  
SF : Sable fin.  
SG : Sable grossier.  
CT : Calcaire totale.  
CARB : Carbone organique.  
Na : sodium.  
CA : Calcium.  
MG : Magnésium.  
FT : fer total.  
FL : fer libre.  
PH A : Phosphore assimilable.  
N T : Azote total.  
PRT : Pertes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

1. **GOUGUENHEIM M. R., PERRIER D., RUNGS Ch. 1950** - Remarques sur les larves de deux Buprestides du système racinaire des Rosacée fruitières (*Capnodis tenebrionis* L. et *Aurigena unicolor* Ol.). *Revue de Pathologie végétale et d'Entomologie agricole* 29(3): 152-156.

2. **CHABOUSSOU F., 1980** – Les plantes malades des pesticides. Base nouvelle de prévention contre maladies et parasites. Ed. DEBARD, Paris, 200p.
3. **MATTSON W.J. et SCRIBER J.M., 1987** – Nutritional ecology of insect folivores of woody plants. In: Slansky F Jr, Rodriguez JG (eds). Nutritional ecology of insects, mites spiders, and related invertebrates. Wiley, New - York, pp. 105-146.
4. **Gershenzon, J. & Croteau, R., 1991** – Terpenoids. In: Herbivore: their interactions with secondary plant metabolites, 2E, Vol. I: The chemical participants. Edited by G.A.
5. **JAEGER ET** – Academic Press Inc. London. pp. 165-219. Bernays, E.A., 1978. Tannins: an alternative viewpoint. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 24: 44-53.
6. **SCHIESTT ET AYASS** – Santé des cultures de, éd. La Maison Rustique, 198
7. **CSOKA** – [Terminal Weevils Guidebook](#). Gouvernement de la Colombie-Britannique.
8. **GANG** – Lutter contre les insectes nuisibles en agriculture biologique : intervenir en harmonie face à la complexité PHYTOPROTECTION 87 : 83-90.
9. **GEERVLiet**– Biological notes on larval hatching in *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera Buprestidae) and evaluation of entomopathogenic nematodes in controlling neonate larvae. *Redia* 86(2003): 101-106.
10. **TURLING** – A rapid and sensitive method for identifying permeable areas in the body wall of insects. *Entomological News* 71: 179-182.

- 11. TURLING ET TUMLIN**– Growth responses of larvae of the Aple leafcurling treated, *Ent. Exp. Appl. Entom. Zool.*, Vol.7,n°4,Paris, pp :257-262
- 12. JAYARAJ** – Plagas en frutale de hueso con especial estudio del *Capnodis tenebrionis* L., pp : 27-43.
- 13. DERRIDJ, 1996** – Physiological and ecological studies on the species of *Capnodis* in Palestine (Col., Buprestidae). II. Studies on the larvae. *Bulletin of the Entomological Research* 36: 103-119.
- 14. ESPIELIE, 1996** – Contributions à l'histoire naturelle des larves de Buprestides: la première larve de *Julodis onopordi* Fabr. *Annales de la Société de Entomologique de France* 62: 92-95.
- 15. UDAYAGIRI ET MASON** – morfologii lichinok zlatok roda *Acmaeoderella* Cobos (Coleoptera, Buprestidae), p. 21-38 *in: Medvedev G.S.* (ed.), *Morfologiya i sistematika nasekomykh*. Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR, 83, Leningrad [in Russian].
- 16. SCHOONHOVEN L.M.**, 1982 – Biological aspects of antifeedants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 31: 57-69.
- 17. STADLER** – Moeurs et métamorphoses d'insectes. *Revue d'Entomologie*, Caen 11: 202-252.
- 18. CHARARAS C., 1979** – Ecophysiologie des insectes parasite des forets, Ed. CHARARAS, Paris, 297p.
- 19. CHRISTION P., 1951** – le problème du capnode au Maroc, ed. Secto, Vol. 7, 127p.

- 20. GARIDO V., 1986** – Plagas en frutale de hueso con especial estudio del *Capnodis tenebrionis* L., pp: 27-43.
- 21. RIVNEY E, 1944** – Physiologie et Ecologie du *Capnodis* en Palestine, Bull. Ent. Res., Vol. 35, London, 235P.
- 22. FERON M., 1949** – La ponte du *Capnodis tenebrionis* L. Rev. Path. Vég. Ent. Agr. France, T. 27, pp : 96-105.
- 23. GUESSOUS A., 1948** – Le Capnodage dans la région de Casablanca, N° 219, pp : 42-44
- 24. BALACHOWSKI A. S., 1935** – entomologie appliquée a l'agriculture, ed. Masson et Cie., T.I.
- 25. GAIROUD et BESSON, 1949** – Teste toxicologique effectués sur jeune larve de *Capnodis tenebrionis* L. à EI AFROUNE (ALGERIE), Rev. Path. Ent. Alg., T. XXI, n°4, France, 228p
- 26. BALACHOWSKI A. S., et MENSIL L., 1935** – Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leur distribution, Ed. Masson & Cie., T.I, p.p. :4 -7.
- 27. BENSAD, 2004** : bilons national sur les dégâts occasionner par le capnode. D.S.A. DE TISIOUSOU, ALGERIE, 20p.
- 28. HMIMINA M., LAHFA L, HISTANE M., 1988** – Cycle biologique de *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae) dans la région de Meknes, Inst. Agr-Vet., Vol.8, pp : 99-105.
- 29. TAJNARI H, 1984** – biologie du capnode noir dans la région de

Marrakech et essais d'efficacité de cinq insecticide, Rapp. Inst de la prot. Marrakech.

- 30. CHRESTION p., 1952** – Résultat acquis dans la lutte contre le capnode état actuelle de question, Rev. Fruits, Vol. 7, n°5, pp : 199-207.
- 31. BONNEMAISON L., 1962** – Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts Ed. Sep., Paris, T. II, pp : 44 – 46.
- 32. PERRET et BERGER (PERRET J. E., 1945** – Résultats des travaux récents fait au Maroc sur le capnode noir, journées de l'Agr. Afr., 33p.).
- 33. VENET M. ,1950** – Action toxicologique de divers insecticides sur le capnode, Ed. FERET, Paris, 123p.
- 34. SEKET ET HMIMINA, 1988** – Cycle biologique de *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera, Buprestidae) dans la région de Meknes, Inst. Agr-Vet., Vol.8, pp : 99-105.
- 35. MARINO et LILO 1988** – *Capnodis tenebrionis* (L. 1758) (Coleoptera: Buprestidae): Morphology and Behaviour of the Neonate Larvae, and Soil Humidity Effects on the Egg Eclosion . Sezione di Entomologia e Zoologia, Via Amendola, 165/a, I-70126, Bari, Italy
- 36. CHAUVIN R., 1952** – Nouvelles recherches sur les substance qui attirent le Doryphore (*Lepidoptera, decemlinea Say*) vers la Pomme de terre, Ann. Epiph., pp : 797-809.
- 37. MALAGON** – Fipronil, insecticide pour lutter contre les larves neonates du capnode noir des arbres fruitiers, p. 347-354. *Quatrieme Conference Internationale sur les Ravageurs en Agriculture*, 6-8 janvier 1997, Le Corum, Montpellier, France.

- 38. OHGUSUI T., 1992** – Resource limitation on insect herbivore populations. In: Effects of resource distribution on animal-plant interactions. Ed. Academic press. Inc. New York, pp. 199-241.
- 39. Slansky Jr. And J.G. Rodriguez (eds.),** Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and relate invertebrates. Wiley, New York, pp. 105-146
- 40. DADD R.H., 1985** – Nutrition: organisms. In: Comprehensive Insectphysiology, Biochemistry and pharmacology. Vol. 4. Ed. Pergamon press. Oxford, pp. 313 - 390.
- 41. DADD R.H., 1977** – Biochemistry and pharmacology. Vol.2. Ed. Pergamon press. Oxford, pp. 124 - 210.
- 42. MATTSON, W.J., 1980** – Herbivory in relation to plant nitrogen content. Annual Review Ecology Systematics, n° 11, pp. 119-161.
- 43. BIDON Y., 1993** – Influence des sucres solubles et de l'azote sur la croissance, le développement et l'utilisation de la nourriture par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)). Thèse de Maîtrise ès Science. Université Laval, Ste-Foy (Québec), Canada. 63 pp.
- 44. MCNEILL S. et SOUTHWOOD T.R.E., 1978** – The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. Biochemical aspects of plant and animal coevolution, J.B. Harborne, ed., Academic Press, London, 77-98.
- 45. MCNEILL S. et SOUTHWOOD T.R.E., 1978** – The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. Biochemical aspects of plant and animal coevolution, J.B. Harborne, ed., Academic Press, London, 77-98.

- 46. BREWER W., CAPINEA J.L., DASHON, R.E. et WALAMSLY M.L., 1985**  
– Influence of foliar nitrogen levels on survival, development and reproduction of western spruce budworm, *Choristoneura occidentalis* (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Entomologist*, Canada, pp. 23-32.
- 47. HARVEY, G.T., 1974.** Nutritional studies of eastern spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). 1. Soluble sugars. *Canadian Entomologist*, 106: 353-365.
- 48. MATTSON, W.J., 1980** – Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review Ecology Systematics*, n° 11, pp. 119-161.
- 49. MASON, R.R., WICKMAN, B.E., BECKWITH, R.C. et PAUL, H.G., 1992**  
– Thinning and nitrogen fertilization in a grand fir stand infested with western spruce budworm. Part I: Insect response. *Forest Sciences*, 38: 235-251.
- 50. DURZAN D.J. et LOPUSHANSKI S.M., 1968** – Free and bound amino acids of spruce budworm larvae feeding on balsam fir and red and white spruce. *Journal of Insect Physiology* 14: 1485-1497.
- 51. BRODBECK B. et STRONG D., 1987** – Amino acids nutrition of herbivorous insects and stress to host plants. In: *Insect outbreaks*. Edited by P. Barbosa & J.C. Schultz. Academic Press, New York. pp. 347-364.
- 52. MURRAY** – *Biologie des Coléoptères*. Lechevalier, Paris, 719 p.
- 53. ALBERT** – Osservazione dei caratteri tassonomici degli Eriofi di al microscopio elettronico a scansione, p. 117-122 in: *Atti dell'XI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*, Portici-Sorrento, 10-15 maggio 1976.

- 54. STOCKHOFF, B.A., 1993.** Ontogenetic change in dietary selection for protein and lipid by gypsy moth larvae. *Journal of Insect Physiology*, 39: 677-686.
- 55. SIMPSON S.J. et SIMPSON C.L., 1990** – The mechanisms of nutritional compensation by phytophagous insects. In: *Insect-Plant interactions*. Vol. II. Ed. CRC press, Florida, pp. 111-160.
- 56. WIGGLESWORTH V. B., 1972** – *The circulatory and system and associated tissues*, *The Principles of Insect Physiology*. Chapman et Hall, London.
- 57. CONVEY P., 1992** – Seasonal lipid contents of *Antartic microarthropods*. *Experimental and Applied Acarology* 15, pp.219-231.
- 58. HELIASC** – Methods of Soil Analysis, Part 1 *in*: Black C.A. (ed.), *Physical and Mineralogical Properties, Including statistics of Measurement and Sampling*. ASA-SSSA, Agronomy Monograph, 9: 273-278.
- 59. GAL** Morfologia ed etologia comparate di insetti a regime specializzato. XVII. La morfologia della larva di un coleottero buprestide minatrice di foglie, la *Trachys pygmaea* F. *Bollettino dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Bologna* 14: 107-113.
- 60. Williams, V.M., Porter, L.J. & Hemingway, R.W., 1983.** Molecular weight profiles of proanthocyanidin polymers. *Phytochemistry*, 22: 569-572.
- 61. LEVINS R., 1968** – Evolution in changing environments. *Princeton University Press*, Princeton.
- 62. OLIVIER** – Un ennemi des rosiers. Le *Coraebus rubi*. *Annales des piphities* 13: 48-78.
- 64. EGGEN R.I.L., 2001** – Moderne biologische Analyse: Potenzial,

Entwicklung und Anwendung. *Gas Wasser Abwasser* 3, 167–171.

- 65. MARGAND A., 2001** – Evaluation de l'utilisation des réserves énergétiques (lipides, sucres) en tant que biomarqueurs pour l'effet du dinosèbe sur l'invertébré du sol *Folsomia candida* (Arthropleona, Isotomidae), travail de diplôme, Faculté des Sciences, Université de Genève, Suisse. 101p.
- 66. PROKOPY R.J. et OWENS E.D. 1983** – Visual detection of plants by herbivorous insects. *Rev. Annu. Entomol.* 28: 337-364.
- 67. PICIMBON, 2002** - Les Péri-récepteurs chimiosensoriels des insectes. *Rev. Médecine et sciences*, n°18, pp. 1089-1094.
- 68. MATTSON W.J. et ADDY N.D. 1975** – Phytophagous insects as regulators of forest primary production. *Science* 190:515-522.
- 69. Winks M. et Schimmer O., 1999-** *Modes of action of defensive secondary metabolites*, In: M. Wink, (Ed.), *Function of Plant Secondary Metabolites and their Exploitation in Biotechnology*, Sheffield Academic Press, Sheffield. UK. p 17–133.
- 70. Bell G., 1991-** The costs of reproduction and their consequences. *American Naturalist* 116: 45-76.
- 71. Maher, N. 2002-** Sélection du site de ponte *Lobesia botrana* (lep. Tortricidae) influence de l'information chimique non-volatile présente sur les fruits de plants hôtes, Thèse Doc., Uni. Bordeaux 2 ; Sci. Bio. Méd., opt. œnologie et ampélogie, 204 p.
- 72. CATES R.G. et ALEXANDER H., 1992-** Host resistance an susceptibility in Bark Beetles of North American conifers. *J.B. Mitton et Surgeon*. Ed. University of Texas press, pp. 212-263.

- 73. MATTSON W. J. et HAACK R. A., 1987** – The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *BioScience*, 37, 2, pp. 110-118.
- 74. VANRENSBURG** – The effects of a sugar diet and hormones on the expression of the *Drosophila* yolk-protein genes. *Journal of Insect Physiology* 33, 941–947.
- 75. BERGMANN H., LEINHOS V., MACHELETT B. et SCHÖNBECK F., 1995** – Amino alcohols as tools to improve stress tolerance. INRA, Inter drought, VIII-26.
- 76. ALBERT P.J., CEARLEY C., HANSON F. et PARISELLA S., 1982** – Feeding responses of eastern spruce budworm larvae to sucrose and other carbohydrates. *Journal of Chemical Ecology*, 8: 223-239.
- 77. ALBERT P.J. et PARISELLA S., 1988** – Feeding preferences of eastern spruce budworm larvae in two-choice tests with extracts of mature foliage and with pure amino acids. *Journal of Chemical Ecology*, 14(8): 1649-1656.
- 78. TURNER N.C., 1990** – The benefits of water deficit. In : proceedings of the international congress of plant physiology, New Delhi, India, Vol. 2, Sol. Plant Physiol. Biochem., New Delhi.
- 79. CABEZA C., KIN A. et LEDENT J. F., 1995** – Effect of irrigation and tiller removal on development and yield of the main shoot in two wheat cultivars. INRA, Inter drought, VIII-29.
- 80. DEBAEKE P., CASALS M.L. et PUECH J., 1996** – Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. 1. Etude en lysimètres. *Agronomie* 16, 3 – 23.
- 81. GATE Ph. 1995** – Ecophysiologie du blé. ISBN 2 – 7430 – 0046 – 5. Ed

Tec et Doc Lavoisier, 429 p.

- 82. BRINIS L., 1995** – Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morpho-physiologiques et biochimiques de traits d'adaptations et déterminisme génétique chez le blé dur (*T. durum* Desf.). Thèse de Doctorat D'état en Sciences, 156 pp.
- 83. Dethier, V., 1982** – Mechanism of host-plant recognition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 31: 49-56.
- 84. MILLER ET STRICHLER, 1977.** The feeding impact of spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*) on balsam fir (*Abies balsamea*). *Canadian Journal of Research*, 7: 76-84.)
- 85. RENWICK ET HUNG (Huang H.C., Harper A.M., Kokko E.C. et Howard R.J., 1981-** Aphids Transmission of *Verticillium alba-atrum*. *Can. J. Plant Pathol.* 5: 141-147.)
- 86. SCHOONHOVEN L.M., 1982** Biological aspects of antifeedants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 31: 57-69.
- 87. BERNAYS, E.A.& CHAPMAN, R.F., 2000.** Plant secondary compounds and grasshoppers: beyond plant defenses. *Journal of Chemical Ecology*, 26: 1773-1794.
- 88. REMASWAMY** –Impact of adult diet on demographic and population parameters of the tropical fruit fly *Anastrepha serpentina* (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research* 89, 165–175.
- 89. RENWICK J,A,A. AND CHEW F.S** – host plant choice in pieris butterflies in chemical ecology of insects .(eds,R.T.Cardè and W.J.Bell) New York : Chapman and Hall (1995) vol.2 , pp.214-238.

- 90. STADLER** – Influence of Adult Nutrition upon the Reproduction of Three Fruit Flies Species. Joint Legislative Committee on Agriculture and Livestock Problems. Third special Report on Oriental Fruit Fly. Senate of State of California, California, pp. 72–76.
- 91. VISSER** – Role of colour and shape stimuli in host-enhanced oogenesis in the walnut fly, *Rhagoletis juglandis*. *Physiological Entomology* 23, 97– 104.
- 92. B.A. RUBIN, 1963** – Studies on the endocrine control of postemergence ovarian maturation in *Manduca sexta*. *Journal of Insect Physiology* 17: 2409-2419.
- 93. LOUIS S. 2004** – Diversité structurale et d'activité biologique des albumines entomotoxiques de type 1b des graines de légumineuses. Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon.
- 94. KONANW** – discrimination and the role of ultraviolet vision in the feeding behavior of hawkmoths. *Biotropica* 26(4):427-435.
- 95. PAINTER R. H., 1951** – Insect resistance in crop plants: University of Kansas Press. 520 p.
- 96. Schultz J.C., 1988-** Many factors influence the evolution of herbivore diets, but plant chemistry is central. *Ecology* 69: 896-897.
- 97. PANDA ,N ET KHUSH ,G,S.** – Secondary plant metabolites for insecte resistance in host PLANT resistance TO INSECTS, WALINGFORD, UK ;KAB INTERNATIONAL (1995) vol,96 , pp.22-66.
- 98. GOMEZ** – Odor-modulated upwind flight of the sphinx moth, *Manduca sexta* L. *Journal of Comparative Physiology A* 169: 427-440.

- 99. AUGER J., DUGRAVOT S., NAUDIN A., ABO-GHALIA A., PIERRE D. et THIBOUT E., 2002** – Utilisation des composés allelochimiques des *Allium* en tant qu'insecticides, *Use of pheromones and other semiochemicals in integrated production IOBC wprs Bulletin Vo.: 25.*
- 100. KENNEDY J.S., 1965** – Mechanisms of host plant selection. *Ann. Appl. Biol.* 56: 317-322.
- 101. Tabashnik, B.E. & Slansky, F.J., 1987.** Nutritional ecology of forb foliage-chewing insects. In: Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. Edited by F.J. Slansky & J.G. Rodriguez. Wiley-Interscience Publication, Wiley and sons, New York. pp. 71-103.
- 102. ROYAL 2008** – The physiological basis for the selection of plants for egg-laying in the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan.). XI International Kongress of Entomology Wein 3: 127-133.
- 103. THUS** – Factors determining the selection of plants for oviposition by the tobacco hornworm *Manduca sexta*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 12: 504-508.
- 104. NELSON, 1951** – Hostplant preferences of tobacco hornworm moths. In: Rodriguez JG, editor. *Insect and Mite Nutrition*, 567-574. Amsterdam: North Holland.
- 105. SUKHOROKOU** – Behavioral response of female codling moths, *Cydia pomonella*, to apple volatiles. *Journal of Chemical Ecology* 25: 1343-1351
- 106. VERNER ET KLING** – Sex pheromone habituation: the effects of habituation on the pheromone response level of *Trogoderma inclusum*. *Annals of the Entomological Society of America* 66, 667–670. Vick, K.W.,
- 107. ROEMER** – Investigation of sex pheromone traps for simultaneous

detection of Indian meal moths and Angoumois grain moths. *Journal of Economic Entomology* 72, 245–249.

- 108. KRISTO FERSON** – Control of codling moth in small plots by mating disruption: alone and with limited insecticide. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 86, 229–239.
- 109. BARUBIN** – Towards a lure for three species of weevil. In: *Crop Protection and Food Quality: Meeting Customer Needs*, University of Kent, UK, British Crop Protection Council and the Association Nationale de Protection des Plantes, September, pp.357–362.
- 110. WARD** – The effect of insect age on the response of three species of *Sitophilus* to 4S, 5R-sitophilure and food volatiles. In: Zuxun, J., Quan, L., Yongsheng, T., Lianghua, G. (Eds.), *Stored Product Protection. Proceedings of*
- 111. MAIN** – The use of a managed grain bulk for the evaluation of PC, pitfall beaker, insect probe and WBII probe traps for monitoring *Sitophilus granarius* during the winter and summer in the UK. *Journal of Stored Products Research* 35, 329–338.
- 112. CUTTER** – Male-produced aggregation pheromone of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, and interspecific attraction between three *Sitophilus* species. *Journal of Chemical Ecology* 9, 831– ] 841.
- 113. NARTEY** – The biochemical ecology of higher plants. In: Sondheimer, E., Simeone, J.B. (Eds.), *Chemical Ecology*. Academic Press, New York, pp.43–70.
- 114. POULTON, J.E** – cyanogenesis in plants. *Plant physiol.* (1990) vol.94. pp.401-405.

- 115. MENTZER, 1963** – Botanicals. In: Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (Eds.), *Alternatives to Pesticides in Stored-product IPM*. Kluwer Academic Publishers, London, pp.303–320.
- 116. DEBRUIJN, 1971** – Dominicalure 1 and 2: components of the aggregation pheromone from the male lesser grain borer *Rhyzopertha dominica*. *Journal of Chemical Ecology* 7, 759–781.
- 117. HALKIER ET MOLLER** Allelochemicals: chemical interactions between species. *Science* 171, 757–770.
- 118. SILVESTRE ET ARRADEAU** Repellency and toxicity of azadirachtin and neem concentrates to three stored product beetles. *Journal of Economic Entomology* 88, 1024–1031.
- 119. COOKE ET LACRUZ** Yasue, Y., 1980. Ancient descriptions of stored insect pests found in Japanese and Chinese classic literature. In: *Proceedings of the 16th International Congress of Entomology, Kyoto, Japan*, p.314.
- 120. HRUSKA ,A,G** – cyanogenic glucosides as defence compounds : a review of the evidence .*J. Chem.Ecol.*(1988) **vol. 14**. Pp.2213-2217.
- 121. WOODHEAD ,S.And Chapman R.F.** – Insect behaviour and the chemistry of plant surface waxes. In *insect and the plant surface* .(eds B.JUNIPER AND T.R.E. southwood ) London :Edwadr Arnold (1986) pp.123-135.
- 122. PARSONS ET ROTCHILD** – scientometric view of some biological disciplines in Chile. *Biol. Res.* 35, 87–92.
- 123. BEESLEY** – Traditional knowledge and pest management in the Guatemalan highlands. *Agric. Human Values* 17, 49–63.

- 124. DOWD** – New Partnerships for Sustainable Agriculture: Learning from Experiences Around the World. *Global Pest. Campaign.* 6, 1–9.
- 125. LOUDA ,S.And Molle ,S** – Glucosinolates : chemistry and ecology .In herbivores :their interactions with secondary plant metabolites.(eds,G,A. Rosenthal and M.R. Berenbaum ) New York : Academic press (1991) vol.1 pp. 124-164.
- 126. BRICH, 1992** – Institutionalisation of farming systems development. Are there lessons from NGO-government links? Paper for FAO Expert Consultation on the Institutionalisation of Farming Systems Development. Overseas Development Institute, London, 19pp.
- 127. WALFSON** – The regulation of natural products as crop-protection agents. *Pest Manag. Sci.* 56, 677–680.
- 128. DUCAN** – Adoption and diffusion of integrated pest management innovations in agriculture. *Bull.Entomol. Soc. Am.* 34, 72–78.
- 129. RENWICK J.A. AND CHEW F.S** .host plant choice in pieris butterflies . in chemical ecology of insects .(eds,R.T.Cardè and W.J.Bell) New York : Chapman and Hall (1995) vol.2 , pp.214-238.
- 130. WOOLEY** – New Partnerships for Sustainable Agriculture: Learning from Experiences Around the World. *Global Pest. Campaign.* 6, 1–9.
- 131. FOLLOWS** – Chemical communication agents (pheromones) in integrated pest management. *Drug Develop. Res.* 50, 400–405.
- 132. NAKHASHIMA.** secondary plant metabolites round table discussion in 5<sup>th</sup> international symposium on insect plant relationships.eds, J,H, Visser and A.K.Minks,(1982b) pp.331\_334 wageningen : centre for agricultural publishing and documentation.
- 133. BELL ,E,A.** – canavanine in the leguminosae. *Biochem.J.* (1960) **vol 75** .

pp.618-620.

- 134. ROSENTHAL G,A.** – plant non-protein amino and imino acids. New York : academic press (1982a) vol. chapter 3 .pp.57.
- 135. JOLIVET** – Opportunities and constraints in the commercial development of semiochemicals–Regulatory aspects. In: Hilje, L. (Ed.), Proceedings of the International Workshop on Semiochemical and Microbial Antagonists: Their Role in Integrated Pest Management in Latin America. CATIE, Turrialba, Costa Rica, March, pp. 22–26.
- 136. GAUTIER M., 1987-** La culture fruitière. Vol. 1 : L’arbre fruitier. Ed. *Technique et documentation, Paris, 492 p.*
- 137. BRETAUDEAU J., et FAURE Y., 1991** – Atlas D’arboriculture Fruitière Ed. Lavoisier, Vol. 3, Paris, 224p.
- 138. SCHIBAUX** – scientometric view of some biological disciplines in Chile. Biol. Res. 35, 87–92.
- 139. CHAFER** – Mécanisme de défense chez les plantes, Bull. Institut pasteur, Paris, pp : 255 – 258.
- 140. ANONYME, 2004** – Relationship between almond bitterness and resistance to capnode, [Online] [http:// www.acrobat. Org/Hosted by K.U. leuven](http://www.acrobat.Org/Hosted%20by%20K.U.%20leuven): 28/04/2005.
- 150. LETERME E., 1989** – Le Greffage (Les technique les plus courante et plantation des arbres fruitières), Ed. Reny et Canitrot, pp : 16 – 20.
- 151. CRANE F. A. et STEWART F. C. 1962** – Grewth, netrition and métabolism of *metha piperita* L., Univ. Agri., Exp.St., Mem n°379, Paris, p 461.

- 152. WARING G.L. et COBB N.S., 1992** – The impact of plant stress on herbivore population dynamics, in: Insect-plant interactions. Vol. IV. Ed. E.A. CRC press. Florida, pp. 167-226.
- 153. J.P.JANSEN** – Effects of synchrony with host plant on population's offspring-feeding lepidopteran. *Ecology*. 81(5):1248- 1261.
- 154. VANAKKER** – Implications relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Actes du colloque « Tordeuse des bourgeon de l'épinette : l'appivoiser dans nos stratégies d'aménagement » Shawinigan, 27-29 mars 2001. pp.27-32.
- 155. OUKHABLI** – Teste toxicologique effectués sur jeune larve de *Capnodis tenebrionis* L. à EI AFROUNE (ALGERIE), *Rev. Path. Ent. Alg.*, T. XXI, n°4 France, 228p
- 156. ROSELLA** – A variable insect -plant interaction: the relationship between trees budburst phenology and population levels of insect herbivores among trees. *Ecol. Entomol.* 16: 91
- 157. MAUPAIS** – Spéciation et interactions plante-insecte. Etude des charançons parasitant les graines d'ajonc en Bretagne.
- 158. LAGAUDE** – Role of lipids in energy metabolism. Energy metabolism in insects. Downer, R. G. H., New York: 53- 100
- 159. BAUCE É., CREPIN M. et CARISEY N., 1994** – Spruce budworm growth, development and food utilization on young and old balsam fir trees. *Oecologia* 97: 499-507.
- 160. BAUCE É., 1995** – Application de l'écophysiologie de l'alimentation des insectes à la lutte contre la TBE: utilisation de la scie à chaîne. Comptes rendus du Séminaire sur la tordeuse des bourgeons de l'épinette : en savons-nous assez pour lutter efficacement contre la tordeuse? Direction

de la recherche forestière et la Direction de la conservation des forêts, Ministère des Ressources Naturelles du Québec. 12-13 avril 1995. pp. 13-26.

- 161. ANONYME., 2006** - Relevés climatologiques (2005-2006). Manuscrit I.T.A.F.V., Boufarik, 18p..
- 162. COLLECTIF 1979** – Les pesticides, oui ou non? P.U. Grenoble, 231 p.
- 163. CORBAZ** – Feeny revisited: condensed tannins as antiherbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. *Ecological Entomology* 29: 174-187.
- 164. CHABOUSSOU F., 1975** – Les plantes malades des pesticides. Base nouvelle de prévention contre maladies et parasites. Ed. DEBARD, Paris, 200p.
- 165. MARIANE, 1955** – Implications des relations alimentaires plante-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Actes du colloque
- 166. SHARMA,P. FOSSDAL,C.G. NAGY,N.E. AND Lonneborg,A.** the putative gymnosperm plant defensin polypeptide (SPI1) accumulates after seed germination,is not readily released , and the SPI1 levels are reduced in pythium dymorphum-infected spruce roots. *Plant, Mol , Biol.*(2003) vol .52 pp.291-302
- 167. APPERT J., 1972.** Catalogue des insectes nuisibles aux cultures malgaches. IRAM, Madagascar, 125p.
- 168. DEDRYVER C.A., 1982** – Qu'est ce qu'un puceron ? Les pucerons des cultures. Jour. D'étude D'inf. Paris, 2, 3 et 4 mars 1981, A.C.T.A., pp. 9 – 20.

- 169. CHABOUSSOU F., 1975-** Les facteurs cultureux dans la résistance des agrumes vis-à-vis de leurs ravageurs. *St. Zool. Inst. Nat. Rech. Agro.*, Bordeaux, 39 p.
- 170. Anonyme, 2007-** Office Nationale de Météorologie. [www. Meteo.msn.com](http://www.Meteo.msn.com)
- 171. SKENDER M. ,1978** – Monographie de la wilaya de Médéa, Serv. D'anim. et Plan. Eco., Médéa, 126p.
- 172. ANONYME, 1998** – Schéma directeur du développement agricole de la wilaya de Médéa, Min. D'agr. , Direc. Agr. de Médéa, Août 1998,260p.
- 173. DAJOZ R., 1985** – Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris, 505 p.
- 174. STEWART P., 1969** – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique ; Quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Afri. Du nord*, pp. 24-24.
- 175. MISSOUM s., 1991** – contribution a l'étude de l'efficacité de quelques insecticides vis-à-vis de *geotrogus desericola* dans la région de Médéa.
- 176. Van Brummeln T.C. et Suijzand S.C., 1993-** Effects of benzofalpyrene on survival, growth and energy reserves in the terrestrial isopods *Oniscus asellus* and *Porcellio scaber* . *The Science of the Total Environment, Suppl.* 51: 921-929.
- 177. KJELDHAL J., 1883** – Neue Method zur Bestimmung des Stickstoffs in organischem körpen. *Z. Anal. Chem*; 22. P: 366-382.
- 178. CHANDA** – l'enchainement de maladies chez les insects, ed. Revue et augmentee, paris, 224p.

- 179. HAMMER, 2001** – L'influence des composés secondaire de la plante sur la biologie des insectes. Entomol. Vol. 3, Québec, pp : 31-41.
- 180. QURIS** – Contrôle des maladies en verger, aperçu sur les ravageurs et maladies, ed. PAYOT, 143p.
- 181. NICOLE, 2002** – protéine foliaires et alimentation, Ed. BORDAS, Paris, 244p.
- 182. Hopkins P., 1997-** *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, Oxford. p. 157
- 183. L'HELIAS C., 1970** – Chemical aspects of Growth and development in insects Chemical Zoologie, Florkin M., et Scheers B.T., Chemical Zoologie, London Academic Press5, pp.343-400.
- 184. GILBERT I., et O'CONNOR J.D., 1970** – Lipid metabolism and transport in arthropods. Chemical Zoology, Vol. V, Florkin M., SCHEER B.T., Newyork and London, Acadmic Press, pp.229-253.
- 185. CONVEY P., 1992** – Seasonal lipid contents of *Antartic microarthropods*. Experimental and Applied Acarology 15, pp.219-231.
- 186. Ristola T., Pellinen J., Roukolainen M., Kostamo A. et Kukkonen J. V. K., 1999** - Effect of sediment type, feeding level and larval density on growth end development of a midge (*Chironomus riparius*). *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 756-764.
- 187. Baier P., 1996-** Inference of vigour and host quality of Norway spruce, *Picea abies*, towards the development of *Typographus (Coleoptera: Scolytidae)*. *Entomologia Generalis* 21(1-2): 27-35.
- 188. AWMAK ET LEANTHER-**Feeny revisited: condensed tannins as

antiherbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*.

*Ecological Entomology* 29: 174-187.

- 189. Vincent C.H. et Boivin G., 1986** - Les relations insectes-plantes: perspectives de recherche. *Revue d'Entomologie du Québec* 31: 5-15.
- 190. Martikainen E. et Rantalainen L.M., 1999** - Temperature-time relationship in collembolan response to chemical exposure. *Ecotoxicology and environmental safety* 42: 236-244.
- 191. Martin R. Speight, Mark D. Hunter, Allan D. Watt** Ecology of Insects: Concepts and Applications - Wiley Blackwell. ([ISBN 1405131144](#)).
- 192. Marine, 2007** – L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales, Lavoisier, Paris. p 810.
- 193. SAIGHI., 1998-** Biosystématique des Aphides et de leurs ennemis naturels dans deux stations d'étude. Le jardin du Hamma et le parc de l'institut national agronomique d'el Harrach .Thèse Mag. Agro. Inst. Nat. Agro. ,El Harrach,312 P.
- 194. LARSSON S., 1989** – Stressful times for the plant stress-insect performance hypothesis. *Oikos* 56(2):277-283.
- 195. PHILOGENE J.R. et ARNASON J.T., 1986-** L'influence des composés secondaires des plantes sur la biologie des insectes. *Rev. Entom. Québ.-* Vol. 31 (1/2), pp. 33-42.
- 196. GLAZEBROOK J. 1999** – Genes controlling expression of defense responses in *Arabidopsis*. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 2: 280–286;
- 197. GERSHENZON J., 1984** – Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. In: Phytochemical adaptations to stress. Edited by B.N. Timmermann, C. Steelink & F.A. Loewus. Plenum Press, New York and London. pp. 273-320.

- 198. BENDEROTH M., TEXTOR S., WINDSOR A.J., MITCHELL-OLDS T., GERSHENZON J. et KROYMANN J., 2006** – Positive selection driving diversification in plant secondary metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA* 103:9118–9123
- 199. MASON, R.R., WICKMAN, B.E., BECKWITH, R.C. et PAUL, H.G., 1992** – Thinning and nitrogen fertilization in a grand fir stand infested with western spruce budworm. Part I: Insect response. *Forest Sciences*, 38: 235-251.
- 200. PERY A., 2003** – modélisation des effets des toxiques sur cheironme *chironomus riparius* de l'individu à la population, univ. Claude bernard – lyon 1, thèse doctorat, pp 120.
- 201. CHARLES S., FERREOL M., CHAUMOT A., et PÉRY A.R.R., 2004** – Food availability effect on population dynamics of the midge *Chironomus riparius* : a Leslie modeling approach. *Ecological Modelling* 175: 217-229.
- 202. STAEMPFLI G., 2001** – Etude des relations entre l'exposition de "*Folsomia candida*" à un micropolluant organique et les effets observés à différents niveaux d'organisation biologique : utilité des biomarqueurs comme outil prévisionnel. Thèse EPFL, Maîtrise d'écologie, Université de Bourgogne, France. 141p.
- 203. VINCENT C.H. et BOIVIN G., 1986** – Les relations insectes- plantes :  
Perspe